Beispiele faszinierender Diversität im „Regenwald der Österreicher" (Nationalpark Piedras Blancas, Costa Rica)

Leopold FÜREDER, Bernd PELSTER, Anton WEISSENHOFER

Abstract: **Examples of a fascinating diversity in the „Rainforest of the Austrians" (Piedras Blancas Nationalpark, Costa Rica).** Several years ago the University of Innsbruck started with a regular interdisciplinary excursion to Costa Rica with a botanical, zoological, ecological and limnological focus. Besides the visit and study of the diverse natural lancscape with its characteristic Neotropical vegetation zones, including the typical flora and fauna, a major focal point was set on practical research in several rivers within the „Rainforest of the Austrians" (Piedras Blankas Nationalpark, Costa Rica). In selected rivers, the hydromorphological characterization, essential abiotic parameters and biological assessments are carried out for the evaluation of the aquatic biodiversity. The results are a fascinating species diversity and a great variability of shapes and functions, which we will present in this article. Finally, we will show two different examples for the structure and function of the aquatic communities in these Neotropical streams.

Key words: Neotropical rivers, stream ecosystem, fish, Decapoda, macroinvertebrates.

Einleitung

Costa Rica zählt sicherlich zu einem der bestuntersuchten Länder der Neotropen. Die Gründe dafür liegen unter anderem in seiner überschaubaren Größe, in der politischen Stabilität, in der relativ großen Anzahl und guten Auswahl an Schutzgebieten und – bedingt durch die Topographie heterogenen klimatischen Bedingungen und der daraus resultierenden Lebensraumvielfalt. All diese Gegebenheiten sind einerseits Ursache einer hohen Biodiversität, nationale und internationale Initiativen, Schutzstrategien und Programme gewährleisten andererseits deren Fortbestand. Zahlreiche Einzelforscher und Forscherteams haben zum derzeitigen Wissensstand über die neotropischen marinen, terrestrischen und aquatischen Ökosysteme mit einer steten Konzentration auf die Gebiete in und um Costa Rica beigetragen.

Umfassendes botanisches, zoologisches und ökologisches Grundlagenwissen, politische Stabilität und eine für ein Entwicklungsland gute Infrastruktur sind beste Voraussetzungen, interdisziplinäre Exkursionen in die Neotropen zu organisieren und durchzuführen (Abb. 1, 2). Seit mehreren Jahren wird nun von der Universität Innsbruck in Zusammenarbeit mit der Universität Wien eine tropenökologische Exkursion nach Costa Rica durchgeführt (Abb. 3a, b). Neben der Bereisung und dem Studium der charakteristischen Vegetationszonen und Landschaften vom Bergregenwald bis zu den Mangroven, einschließlich der dort typischen Flora und Fauna, wird im Zuge dieser Exkursionen jeweils ein limnologisches Projektpraktikum an mehreren Flüssen im Südwesten Costa Ricas durchgeführt. Ausgewählte Bäche und Flüsse im Nationalpark Piedras Blancas werden dabei hydromorphologisch charakterisiert, wesentliche abiotische Parameter gemessen, und biologische Proben genommen (Abb. 4). Diese werden anschließend in Österreich weiter bearbeitet und ausgewertet.

Die Fließgewässer Costa Ricas beherbergen eine enorme Vielfalt ungenügend bekannter Tier- und Pflanzenarten. Neben einer reichen und auffälligen Fischartengemeinschaft sowie zahlreichen im Nahbereich von Flüssen lebenden Säugetieren, Vögel, Amphibien und Reptilien (Abb. 5), hat sich eine besonders artenreiche Invertebratengemeinschaft in den Süßwasserlebensräumen entwickelt (Abb. 6). Trotz der faszinierenden Diversität an Lebenszyklen, trophischen Beziehungen und unterschiedlichsten Anpassungen, ist relativ wenig über die Biologie der gewässerlebenden Organismen und Flusslandschaften in Mittelamerika bekannt. Aus dem Gebiet des Nationalparks Piedras Blancas liegen auch nur wenige Fließgewässeruntersuchungen vor (z.B. TSCHELAUT et al. 2007, 2008, PICHLER & SCHIEMER 2008). Einen umfassenden und

Denisia **33**, zugleich Kataloge des oberösterreichischen Landesmuseums Neue Serie **163** (2014): 463-498



Abb. 1: Interdisziplinäre Exkursionen bringen die Studierenden der Biologie der Universität Innsbruck in Kontakt mit dem reichen Naturlandschaftsschatz Costa Ricas.

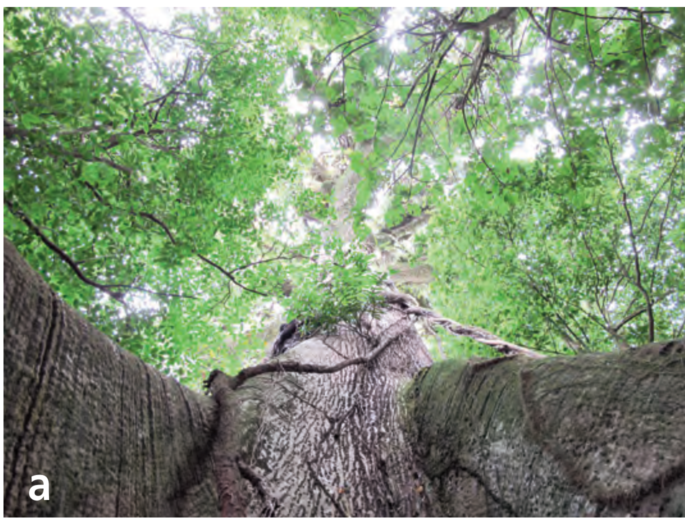




Abb. 3: Die Natur in Costa Rica ist reich an Besonderheiten, von (**a**) Baumriesen bis zu (**b**) sonnenbadenden Echsen.



Abb. 2: Der Vulkan Arenal ist ein imposantes Wahrzeichen der Region, bietet manch mystischen Eindruck.



Abb. 4: Alle typischen Lebensräume werden im Zuge der Exkursion untersucht, auch die Unterwasserwelt der neotropischen Bäche.



Abb. 5: Die Lebensgemeinschaften an den Gewässern können bedrohlich anmuten, wie die Spitzkrokodile (*Crocodylus acutus*) am Río Tárcoles, die ein fixes Ziel der Reise darstellen.

faszinierenden Einblick in die Fließgewässerökologie des Gebietes bietet SCHIEMER et al. (2010).

Da die Wasserproblematik in tropischen Ländern mit fortschreitender Landnutzung und einer Zunahme des Lebensstandards ansteigt, ist ein gutes wissenschaftliches Verständnis der Flusssysteme und ihrer Rolle im lokalen Wasserkreislauf von besonderer Bedeutung. Tropische Fließgewässer haben eine wichtige Funktion als Wasserressource, Ausbreitungskorridor und Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen. Ein detailliertes Verständnis ist besonders im Hinblick auf die ökologische Selbstreinigungskapazität und Transportfunktion des Fließgewässernetzwerkes von Bedeutung. Aufgrund des zunehmenden Nutzungsdruckes sind die natürlichen Gegebenheiten besonders in den Tropen stark überformt. Fließgewässer zeigen im Allgemeinen den Grad der Nutzung einer Landschaft und deren Beeinflussung durch globale Umweltveränderungen an. Das Flussnetzwerk des Río Esquina im Nationalpark Piedras Blancas bietet geradezu einen modellartigen Charakter. Auf engem Raum findet sich eine Vielzahl von Flusstypen, die eine vergleichende Untersuchung der Struktur und Funktion natürlicher Flusslandschaften und ihrer Überformung durch landwirtschaftliche Nutzung ermöglichen.

Vorliegende Untersuchungen, die während der Exkursionen 2009, 2011 und 2013 durchgeführt wurden, sind erste, grundlegende ökologische Aufnahmen an den Fließgewässern und stellen eine Basis für zukünftige Forschungsaktivitäten dar, die in enger Zusammenarbeit mit einschlägigen Instituten der Universitäten in Costa Rica und den Universitäten Innsbruck und Wien geplant sind. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine abiotische und biotische Charakterisierung ausgewählter Fließgewässerabschnitte vorzunehmen, um einen Überblick über die Habitateigenschaften und die strukturelle und funktionelle Diversität der Fließgewässer im Regenwald der Österreicher zu erarbeiten. In Anlehnung an das River Continuum Concept (VANNOTE et al. 1980), das die unterschiedlichen Lebensgemeinschaften im Fließgewässerlängsverlauf in ihrer Zusammensetzung auch in funktioneller Hinsicht beschreibt, versuchen wir die Zusammenhänge zwischen den morphologisch-hydrologischen Aspekten, den Auf- und Abbauprozessen im Gewässer und der Primärproduktion im (Biofilm) und außerhalb des Gewässers (Ufervegetation), sowie die strukturelle und funktionelle Organisation der Gewässerfauna (z.B. Nahrungspräferenzen, Ernährungstypen) zu beleuchten.



Abb. 6: Drohgebärden kann man auch unter Wasser ausgesetzt sein, wenn man auf diese Langarmgarnele (*Macrobrachium americanum*) trifft, die als größte Vertreter der Wirbellosen in neotropischen Bächen gelten.

Flusslandschaften und Fließgewässer im Regenwald der Österreicher

Die Wasserführung eines Flusses und ihre charakteristische Dynamik sind grundsätzlich vom Klima und besonders von der Verteilung der Niederschläge geprägt, die in Mittelamerika sehr unterschiedlich ist. In Costa Rica fehlt zum Beispiel auf der Atlantikseite eine ausgeprägte Trockenperiode – der meiste Niederschlag geht dort im Zeitraum Dezember und Jänner nieder, während das Klima auf der Pazifikseite des Landes eine Trockenzeit (Dezember bis April) und eine Regenzeit (Mai bis November) aufweist. Der Großteil der Niederschläge fällt im Zeitraum Oktober und November, wo dann auch die stärksten Abflüsse in den Flüssen zu verzeichnen sind. Grund für die unterschiedliche Verteilung und Mengen an Niederschlägen sind die zentralen Gebirgsketten, die das Land längs durchziehen und eine Barriere darstellen. Mit durchschnittlich 286,5 Regentagen pro Jahr und einem Niederschlag von über 6000 mm gehört die Golfo-Dulce Region zu den feuchtesten Gebieten in ganz Costa Rica. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 27,4 °C, die relative Luftfeuchtigkeit liegt konstant hoch und beträgt rund 88,3% in der Biologenstation in La Gamba und 97,7% im Inneren des Regenwaldes. Dadurch bildet sich täglich Nebel, vor allem morgens, gelegentlich auch abends oder nach heftigen Regenfällen (WEBER et al. 2001).

Die untersuchten Fließgewässer Quebrada Negra, Río Bonito, Río Esquinas, Río Sardinal und Río Chorro entwässern zumindest teilweise den Nationalpark Piedras Blancas („Regenwald der Österreicher"), der im

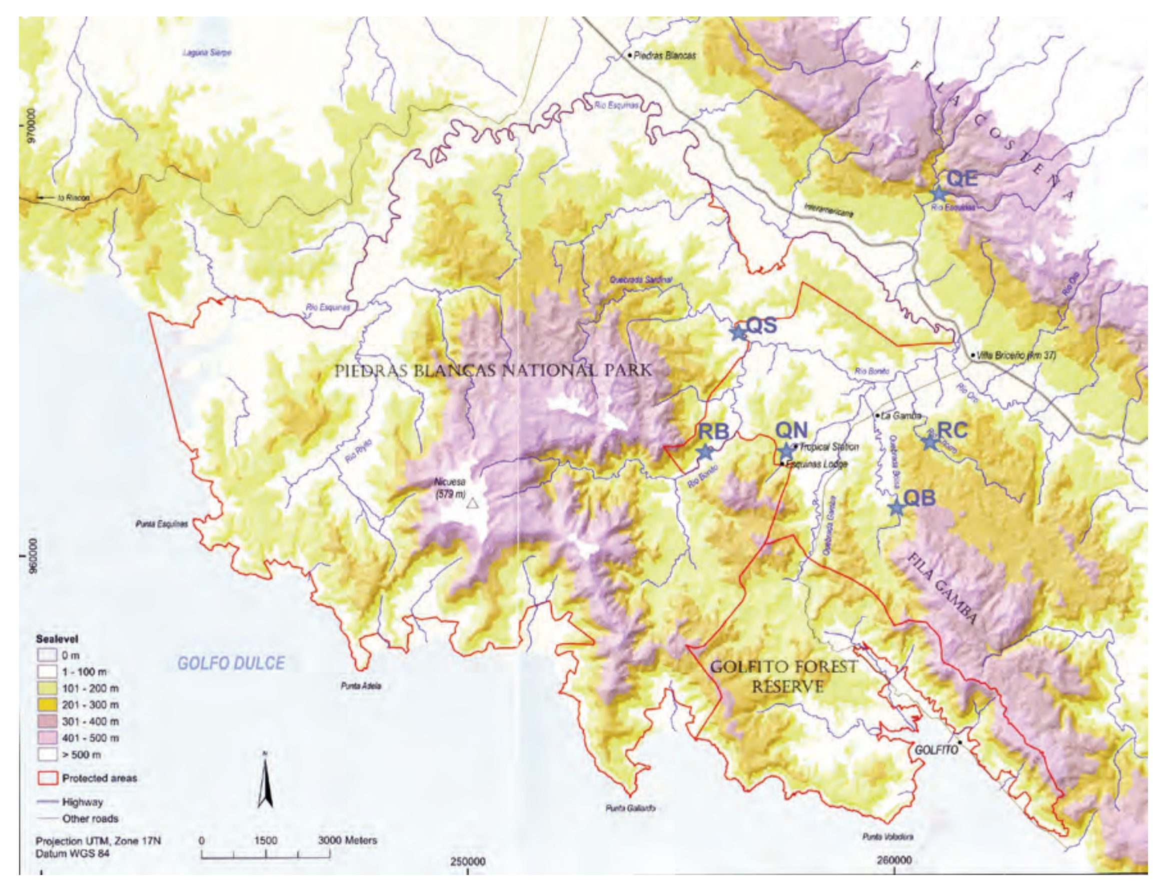


Abb. 7: Die untersuchten Fließgewässerabschnitte im Regenwald der Österreicher (Nationalpark Piedros Blancas, Costa Rica). Karte aus WEISSENHOFER et al. (2008).

Südwesten Costa Ricas in der Provinz Puntarenas liegt (Abb. 7). Der Park umfasst eine Größe von 148 km² und findet im Norden und Westen durch den Río Esquinas und im Süden durch den Golfo Dulce seine natürliche Begrenzung. Die höchste Erhebung im Bosque Esquinas ist der Cerro Nicuesa mit 579 m Seehöhe. Alle Flüsse, Bäche und Entwässerungsgräben, die in einem komplexen Netz den Bosque Esquinas, den „Regenwald der Österreicher" durchziehen, münden in den Río Esquinas, der seinerseits in den Golfo Dulce entwässert.

Die Vegetation rund um der Forschungsstation La Gamba, wo auch die jeweiligen Untersuchungsstellen liegen, wird als „feucht-tropischer-Tiefenlandregenwald" bezeichnet. Die Lufttemperatur dieses Bioms liegt im Jahresverlauf zwischen 24 und 30°C und der Niederschlag zwischen 2000 und 4000 mm. In der Station La Gamba können sogar Niederschlagsmengen von 6000 mm pro Jahr verzeichnet werden. Die hohe Feuchtigkeit und Wärme führen zu hohen Stoffumsätzen im Boden, der daher annähernd ohne Humusschicht, karg, stark ausgelaugt und nährstoffarm ist.

Diese tropischen Feuchtwälder sind immergrüne, reich strukturierte Wälder mit Bäumen von bis zu 50 Metern Höhe und zählen zu den artenreichsten Gebieten der Erde sowohl was die Flora als auch die Fauna betrifft. Wichtige und typische Familien sind Araceae (Monstera), Arecaceae, Araliaceae, Bignoniaceae, Caesalpiniaceae, Lauraceae, Moraceae (Ficus), Piperaceae, Zingiberaceae, Dipterocarpaceae, Pandanaceae (Schraubenpalme), Bromeliaceae (Tillandsia), u.v.m.

Die untersuchten Fließgewässerabschnitte liegen in Primär- oder Sekundärwäldern und zeigen in ihren Uferbereichen kaum oder gar keine anthropogene Beeinträchtigung. Die Laufentwicklung ist vorwiegend ungestört und entspricht grundsätzlich der natürlichen Dynamik der Flusslandschaften. So finden sich weitgehend natürliche Habitate, in denen sich eine gewässertypische Flora und Fauna ungehindert etablieren kann.

Quebrada Negra (QN) ist ein tropischer Tieflandregenwaldbach, der seinen Ursprung im primären Schluchtwald auf etwa 180 m Seehöhe hat. Auf seiner gesamten Fließstrecke von rund 2,7 km, bis er in den Quebrada La Gamba mündet, durchfließt er primären und sekundären Regenwald sowie das landwirtschaftlich genutzte La Gamba-Tal (TSCHELAUT et al. 2008).

Die Ufervegetation am Quebrada Negra entspricht einer typischen Flussufervegetation. Dieser Vegetationstyp findet sich entlang von schmalen Flüssen und weist Anpassungen an flache Terrassen auf. Bäume können bis zu 50 m hoch werden und bilden oft massive Stämme und Brettwurzeln aus. Es handelt sich um einen typischen Galeriewald, wo sich in der Trockenzeit viel Laub am Boden ansammelt. In Ufernähe weist die Vegetation Schluchtwaldcharakter auf. Der Unterwuchs ist sehr



Abb. 8: Quebrada Negra entwässert den Regenwald der Österreicher und ist wegen seiner Lage unmittelbar an der Tropenstation La Gamba ein gut erreichbares Forschungsobjekt; (**a**) Studierende bei ihrem limnologischen Aufnahmen, (**b**) eine ungestörte Dynamik sorgt für eine optimale Verzahnung in den Uferbereichen und eine typische Abfolge von (**c**) Schnellen und (**d**) Gumpen.

dich. Epiphyten findet man häufig nur an exponierten Ästen, Lianen hingegen sind selten anzutreffen.

Im Untersuchungsbereich wächst die Ufervegetation auf flachen und wassergesättigten Böden, dichter Unterwuchs sorgt für reiche Strukturierung. Es dominieren Euphorbiaceae mit *Alchornea costaricensis* – höchster Baum ist *Hyeronima alchorneoides* aus der gleichen Familie – und auch Tiliaceae und Malvaceae. Im Unterwuchs sind zahlreiche Familien vertreten: zum Beispiel Cyclanthaceae, Acanthaceae, Costaceae, Araceae, Rubiaceae. Das Gefüge ist aufgrund vereinzelter Ölpalmen einer aufgelassenen Finka und wegen der hierfür stellenweise befestigten Ufer gering gestört. Dennoch wirkt der Flusslauf dynamisch, da sich Bäume häufig zum Licht hin über den Bach neigen und stellenweise in den Bach gekippt sind. Auch prägen häufige Hochwasserereignisse sichtlich das Flussbett und sorgen somit für die Ausbildung dynamischer, reichstrukturierter Uferbereiche (Abb. 8).

Río Bonito ist weitläufig, seine Laufentwicklung hoch-dynamisch, und er transportiert große Mengen an Material. Vor seiner Mündung gehen die Umlagerungs-



Abb. 9: Mit seinem verzweigten Flusslauf bietet der Río Bonito ein reiches Mosaik an Lebensräumen und eine große Vielfalt an besonderen Umweltbedingungen. Die dynamische Wasserführung sorgt für (**a**) ausgedehnte Schotterbänke, (**b**) langgestreckte tiefere und (**c**) rasch überströmte Gewässerabschnitte, (**d**) klare und gut strukturierte Gumpen sowie (**e**) mehr oder weniger benetzte Schotterlebensräume für eine überaus artenreiche Gewässerfauna.

strecken in einen bogigen, mäanderartigen Bereich über. In historischer Zeit mündete der Bonito ins Meer, durch Geländehebung fließt er heute jedoch landeinwärts in den Río Esquinas.

Während der Regenzeit führt der Fluss enorm viel Wasser, die klimatischen Verhältnisse in der Trockenzeit, in die unsere Aufnahmen fielen, haben jedoch eine geringe Wasserführung zur Folge (durchschnittlicher Abfluss im Februar 2011 an der Untersuchungsstelle betrug 0,36 $m^3 s^{-1}$). Die hohe Dynamik ist charakteristisch für den Río Bonito, durch die er seine Gestalt immer wieder verändert. Jedes Hochwasser lässt neue, unbefestigte Schotterbänke entstehen, auf der auch bei längerem Bestehen Pioniervegetation aufkommt. Ebenso wechseln sich tiefere, strömungsberuhigte Berei-

che mit rasch überströmten Schnellen ab. Die Schotterinseln und -bänke sind mit wenigen, kurzlebigen Spezialisten bewachsen und beherbergen neben den Pionierpflanzen eine große Zahl von Sämlingen als Überdauerungsstadien. Auf länger bestehenden Vegetationsinseln sind Vertreter der Familien Malvaceae, Fabeceae, Poaceae, Malvaceae, Ulmaceae, Asteraceae, u.a. zu finden.

Die Ufervegetation wird immer wieder durch Hochwasser gestört, hochwüchsiges Gras ist wichtiger Festiger und kann sich etablieren. In Bereichen, wo länger keine Störung erfolgt, bildet sich bis in die Uferbereiche ein relativ artenarmer Waldtyp aus. Auch dieser ist durch die Wirkung häufiger Hochwässer lückig; erst in größerem Abstand zum Fluss kann sich ein besser strukturierter Wald entwickeln.

Die für dieses Ökosystem charakteristischen Pflanzen: Der Kapokbaum *Ceiba pentandra* (Malvaceae) ist ein beeindruckender, hoch wachsender Baum, welcher hauptsächlich an Flüssen wächst, allgemein aber selten zu finden ist. Die die Kronenschicht bildenden Bäume werden 35-40 m hoch. Auffallend ist *Bursera simaruba* (Bursaceae), welcher an dem deutlich rotgefärbten, sich schälenden Stamm zu erkennen ist. Daher wird er von den Einheimischen „indio desnudo“, zu Deutsch „Nackter Indianer“ genannt. Normalerweise wächst dieser Baum in trockenen Regionen wie z.B. in Guanacaste. Im Golfo Dulce ist er vor allem in Schluchten und an Flüssen zu finden. Des Weiteren ist *Mortoniodendron anisophyllum* (Malvaceae) eine häufig dort anzutreffende Art der Kronenschicht (WEISSENHOFER et al. 2008). Die mittlere bis untere Kronenschicht ist relativ offen. Die dort am häufigsten anzutreffenden Arten sind Vertreter der Familien Lauraceae, Tiliaceae und Malvaceae (WEISSENHOFER et al. 2008). Der Unterwuchs ist dicht und üppig. Er besteht hauptsächlich aus großen krautigen Arten der Monocotyledonenfamilien. *Dimerocostus strobilaceus* (Costaceae) wurde nur im Unterwuchs am uferseitigen Waldrand gefunden. Wegen der häufigen Überflutungen ist der Boden nackt, mit Ausnahme von *Selaginella* spp. (Selaginellaceae) und *Leersia* sp. (Poaceae) (WEISSENHOFER et al. 2008) (Abb. 9).

Die Vegetation, die den Fluss umgibt, ist stellenweise karg. Nur vereinzelt strecken Bäume ihre belaubten Kronen in die Höhe. Hat möglicherweise nicht nur mit der natürlichen Überflutungsdynamik des Flusses zu tun, sondern könnte auch anthropogen bedingt sein. Auch könnte Beweidung in der Vergangenheit verantwortlich für eine Veränderung der Bestandszusammensetzung sein. Entfernt man sich vom Fluss, so finden sich wieder Arten, die einen primären Regenwald kennzeichnen.

Als repräsentative Beispiele von Pionierpflanzen auf den unbefestigten Schotterbänken sind *Senna reticulata* und die Familie der Caesalpiniaceae zu erwähnen. An Stellen, die nicht von jedem Hochwasser erreicht werden, findet sich *Gynerium sagittatum*. Am Ufer stehen Galeriewälder aus *Guava*, *Cecropia*, *Inga* und *Sapium*.

Im Uferbereich dominieren Schotter, der wegen der geringen Wasserspeicherkapazität über der Wasserlinie ein trockenes Substrat bildet. Die Vegetation auf sandigen Böden und Schotterbänken wird von dem schilfartigen Gras *Gynerium sagittatum* (Poaceae) dominiert (WEISSENHOFER et al. 2008). Dazwischen finden sich die zwei Winden *Mimosa pudica* und *Calopogonium* sp.. Ein weiterer Vertreter der Schotterbank ist *Piper aduncum*. Die gesamte Vegetation ist dynamisch, wenig strukturiert und nicht sehr artenreich. Entlang dem Rio Bonito, auf einer untersuchten Fläche von 0,1 ha wurden bei 5 Individuen 3 Arten entdeckt (WEISSENHOFER et al. 2008). Nach dem Grasgürtel erkennt man in dunkelgrün den primären Regenwald in der Abbildung. Die Schichtung ist sehr deutlich zu erkennen.

Die Rolle der Primärproduzenten im Gewässer wie z.B. epilithische Algen, und damit die autotrophen Prozesse des Systems sind hier bedeutender als beim Q. Negra, da bedingt durch die gegebene Gewässerbreite viel Sonnenlicht eindringen kann. Für Makrophyten sind die überwiegenden Gewässerstrecken zu dynamisch. Strukturbereichernd wirken hier ins Bachbett ragende oder gestürzte Bäume sowie das Wurzelgeflecht der Ufervegetation, welches vor allem an Prallufern großräumig unterspült und dadurch freigelegt ist.

Quebrada Esquinas ist ein Zufluss des Rio Esquinas im “Regenwald der Österreicher“. Es handelt sich hierbei um einen kalkhaltigen Bach, der einen schluchtartigen Gebirgsbachcharakter aufweist. Das Bachbett wird hauptsächlich von weißen Steinen mit Vegetationsinseln gebildet.

Die Vegetation setzt sich hauptsächlich aus Bergelementen und Tieflandelementen zusammen. Der Unterwuchs bis 5 m ist dicht gewachsen. Der Wald ist sehr dynamisch und relativ offen – auch aufgrund der Lücken, die durch umstürzende Bäume entstanden sind. Man findet zahlreiche r -Strategen und eine Schwemmlingsflur, sowie viele rankende Pflanzen (Cucurpiaceae). Auf den Vegetationsinseln sind wenige Epiphyten anzutreffen, weil diese Inseln nur von kurzer Dauer sind. An der Uferböschung wachsen hingegen Epiphyten und auch Lebermoose (Abb. 10).

Río Sardinal entspringt im Esquinas Forest und verläuft weitestgehend ungestört bis zu seiner Mündung in den Río Bonito. In diesem Mündungsbereich führen Entwaldung und Abholzung zu starker Erosion am Prall-



Abb. 9: Quebrade Esquinas ein Zufluss des Río Esquinas erlangt mit einem steileren Gefälle fast Gebirgsbachcharakter (**a**, **b**, Fotos: Barbara Post). Río Sardinal hingegen ist ein typischer Regenwaldfluss, dessen zahlreiche tiefe Gumpen ein hochdynamisches Abflussgeschehen in der Regenzeit vermuten lassen (**c**, **d**).

hang. Das Flussbett des Rio Sardinal verläuft bogig, ist nicht verzweigt, seichte Gumpen und schneller strömende Bereiche wechseln regelmäßig. Auch größere Pools sind gelegentlich ausgebildet. Die mittlere Abflussmenge lag im Februar 2011 bei 0,4 $m^3 s^{-1}$. Wegen der geringeren Breite, stehen die Baumkronen dicht und ihre Äste überschatten den Fluss.

Die Ufer sind flach und daher besteht die Ufervegetation aus wenigen Bäumen (weil wenig Licht). In der hohen Baumschicht sind mit beinahe 30 m die Balsabäume *Ficus insipida* und *Ceiba bentanda* die höchsten Vertreter. Häufige Baumart ist *Luehea seemanni*. *Ocotea rivularis*, *Cecropia obtusifolia* und *Anacardium excelsum* sind mit einer Höhe von 20 Metern auch in dieser Baumschicht zu finden.

Die häufigsten Vertreter der mittleren Baumschicht sind *Symphonia globulifera*, *Inga oerstediana* und *Apeiba tibourbou*. Der Unterwuchs wird von *Heliconia imbricata*, *Calathea lutea*, *Cyclanthus bipartitus*, *Diffenbachia aurantiaca*, *Selaginella* sp. und *Homalomena allenii* dominiert.

Das Umland und die Uferbereiche sind anthropogen beeinflusst, wegen der starken Regenfälle und Überschwemmungen sehr feucht, wassergesättigt, lehmig mit Staunässe. Dies hat zur Folge, dass Bäume häufig stürzen, wodurch der Wald sehr dynamisch wirkt. Typische Pionierarten hier sind *Ochroma pyramidale* (Malvaceae), *Trichospermum grewiifolium* (Malvaceae) und *Cecropia* spp. (Urticaceae). Diese erobern schnell die zerstörten Flächen (WEISSENHOFER et al. 2008). Auffällig sind große Bestände von überhängendem Bambus am Unter-

suchungsabschnitt. *Bambusa vulgaris* ist normalerweise kultiviert – die Mischung aus natürlicher Vegetation und anthropogener Überprägung ist auffallend. Der Unterwuchs hauptsächlich krautig.

Quebrada Chorro ist durch tiefe Tümpel und grobes Blockwerk in der Steilstufe gekennzeichnet, aber auch durch mehrere flache Fließstrecken, wo sich Stromschnellen mit Gumpen abwechseln. Obwohl hier nur einmal eine Aufnahme erfolgte, ist er wegen den hier dargestellten Nachweisen angeführt.

Quebrada Bolsa verläuft bogig verzweigt durch Primärwald, der auf teils steilen Flanken steht und bis zur Uferlinie reicht. Der durchschnittliche Abfluss betrug im Februar 2011 0,2 $m^3 s^{-1}$. An manchen Stellen hat sich das vom Fluss mitgeführte Gesteinsmaterial zu schmalen Schotterbänken abgelagert. Auf den Schotterbänken ist der steinige Untergrund von zahlreichen krautigen Pionieren (*Piper aduncum*, *Heliconia imbricata* und *Rubia spermacoce*) besiedelt. Junge Bäume weisen darauf hin, dass das Flussbett an dieser Stelle ein stabiler Lebensraum ist. Einige Vertreter des Jungwuchses sind: *Schizolobium parahyba*, *Guatteria chiriquiensis*, *Ochroma pyramidale*, *Spondias mombin* und *Sapium glandulosum*. Das Fehlen von jungen Bäumen über 50 cm zeigt aber, dass in größeren jährlichen Abständen mit Überflutungsereignissen zu rechnen ist. Die großen Gesteinsbrocken und Baumstämme in Mitten des Bachbettes unterstützen diese Annahme. Rings um den kleinen Fluss stehen mächtige Bäume mit Brettwurzeln, die an einen primären Wald erinnern. Die Bäume am La Bolsa werden im Durchschnitt 25-30 m hoch. Ihre Kronen beschatten den Großteil des Flussbettes. Der Rest und die meisten der Schotterbänke sind gut belichtet. Im Unterwuchs des Waldes kommen einige Farn- und Palmenarten vor. Dominierend sind Vertreter der Gattungen *Heliconia*, *Dieffenbachia* und *Calathea*, die sehr dicht zusammenstehen (Abb. 11).

Abiotische und hydrochemische Verhältnisse an den untersuchten Fließgewässern

Bachbettmorphologie: Als wesentliche Parameter der Bachbettmorphologie wurden Bachbreite und -tiefe, Sohlbreite und -tiefe, durchschnittliche Sedimentkorngröße, sowie Strömungsgeschwindigkeit und deren Verteilung aufgenommen. Für die Abflussberechnung wurden im Quebrada Negra und Río Bonito in regelmäßigen Abständen Quertransekte mit Tiefe und Strömungsmessung durchgeführt. In den anderen Gewässern wurde der Abfluss aus nur je ein bis zwei Tiefe-Strömungstransekten ermittelt. Aus den gemessenen Werten wurde die durchschnittliche Bachtiefe und die

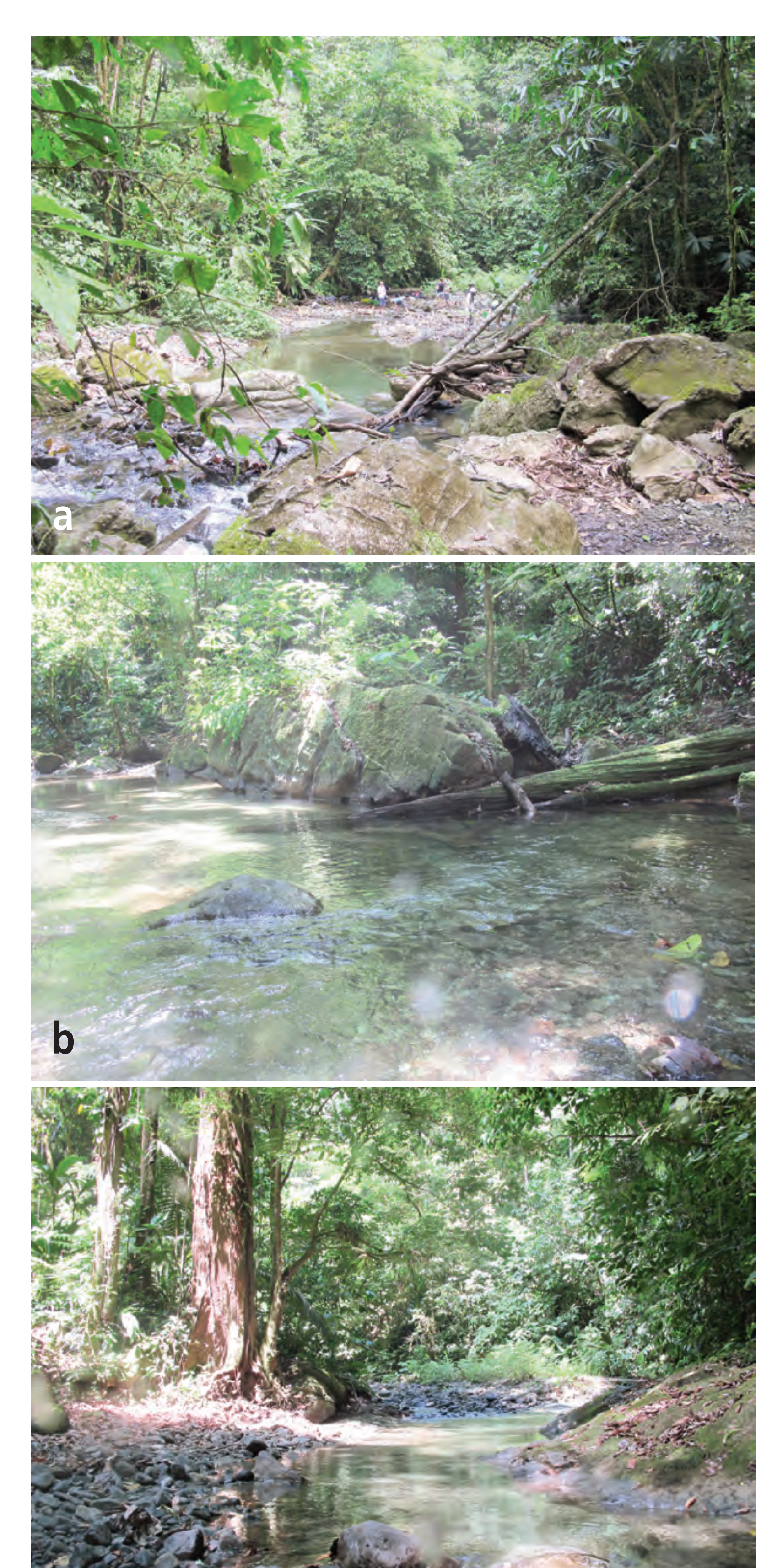


Abb. 11: Der Untersungsabschnitt am Quebrada Bolsa liegt tief in Primärwald und ist durch eine hohe Habitatvielfalt charakterisiert (**a**, **b**, **c**).

Tab. 1: Beispiel Hydromorphologie der untersuchten Flüsse im Überblick (Aufnahmen März 2009; alle Angaben sind Durchschnittswerte).

Tiefe	Fließgeschwindigkeit		Breite	Abfluss
	(cm)	(m/s)	(m)	(m³/s)
Quebrada Negra	4,1	0,31	3,2	0,04
Río Bonito	7,7	0,37	20,9	0,58
Quebrada Esquinas	7,8	0,31	8,0	0,19
Río Sardinal	15,1	0,59	4,7	0,42
Quebrada Chorro	15,2	0,28	4,1	0,18

Tab. 2: Mittelwerte von Tiefe, Strömungsgeschwindigkeit, Breite und Abfluss am Beispiel Quebrada Negra in den unterschiedlichen morphologischen Bereichen.

	Tiefe (cm)	Geschwindigkeit (m/s)	Breite (m)	Abfluss (m^3/s)
riffle	4	0,31	3,2	0,04
intermediate	11	0,21	2,4	0,07
pool	24	0,18	3,6	0,15

Tab 3: Temperatur, Sauerstoffgehalt und -konzentration sowie Leitfähigkeit an den untersuchten Bächen (März 2009); *in-situ* gemessene Parameter.

Gewässer	Temp. (°C)	O_2 (%)	O_2 (mg l^{-1})	pH	Leitf. (µS cm^{-1})
Quebrada Negra (riffle)	27.6	82	6.38	7.62	216.9
Rio Bonito, moderater Abschnitt	29.6	97.4	7.29	7.75	146.6
Quebrada Esquinas	24.1	98.9	7.76	8.64	274
Río Sardinal	26.1	84.6	6.74	7.7	133.1
Quebrada Chorro (flache Strecke)	27.9	95.8	7.39	8.33	173.3

durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit berechnet, daraus wiederum unter Zuhilfenahme der Werte für die mittlere Bachbreite der mittlere Durchfluss jeden Standorts (Tab. 1, 2).

In den definierten Untersuchungsabschnitten ergaben sich unterschiedliche Messwerte, die durch die spezielle Morphologie zu erklären ist. In den seichteren Riffle-Habitaten gibt es anscheinend mehr Interstitialabfluss als in den tieferen Pools, wo die gesamte Wassermenge oberflächlich abrinnt.

Wasserchemie: Für die hydrochemischen Untersuchungen wurden an jedem Probenstandort die physikalischen Parameter Sauerstoffkonzentration und - gehalt, Leitfähigkeit, pH und Temperatur gemessen. Zusätzlich wurde an jeder Probenstelle ein Liter Wasser für die nachfolgende Laboranalyse entnommen. Diese Wasserproben wurden dann im Labor an der Universität Innsbruck auf eine gängige Reihe von Anionen und Kationen analysiert. Für die spätere Bestimmung des Chlorophyll a - Gehaltes wurden von Quebrada Negra und Río Bonito je drei 1L-Proben durch je einen Whatman GF/F Filter filtriert. Diese Filter dienten zur Messung der Trockenmasse an anorganischen und organischen Schwebstoffen (Seston) in der fließenden Welle und waren bereits vor der Reise in Innsbruck gemuffelt und abgewogen worden (Tab. 3, 4).

Die Bestimmung der Algenbiomasse im Quebrada Negra und Río Bonito erfolgte durch Abbürsten des Biofilms auf der Oberseite geeignet großer und flacher Steine (je sechs aus verschiedenen repräsentativen Gewässerabschnitten). Das daraus gewonnene Material wurde unter Zugabe von Wasser in einer Plastikwanne aufgefangen und ein bekanntes Aliquot des Wasser-Biofilm-Gemisches filtriert. Wie oben beschrieben bestand auch dieser Schritt aus jeweils zwei Filtriervorgängen zur Bestimmung von Chlorophyll *a* und organischem Material.

Das Makrozoobenthos in den Regenwaldbächen

Im Gegensatz zu den auffälligen Vertretern der Gewässerfauna wie Zehnfußkrebse und Fische sind die kleineren wirbellosen Organismen kaum untersucht. Es sind Fragmente von Artenlisten der wichtigsten Ordnungen vorhanden, dennoch fehlen für die meisten Regionen Costa Ricas genauere Untersuchungen der Struktur und Funktion der Invertebratengemeinschaft. Das gilt grundsätzlich für die Neotropen (TSCHELAUT & SCHIEMER 2008), obwohl es Angaben der Abundanz, kleinräumige Verbreitung, organismische Drift sowie die funktionelle Organisation der Makroinvertebraten gibt (FÜREDER 1994, PRINGLE & RAMIREZ 1998, FENOGLIO et al. 2004, JACKSON & SWEENEY 1995). Dennoch blieben fast alle biologischen, autökologischen und funktionelle Eigenschaften der neotropischen Gewässerzönosen unbekannt (siehe aber SCHIEMER et al. 2010). Eine genauere Kenntnis der typischen Artengemeinschaften, ihrer Entwicklungs- und Lebensstrategien sowie ihrer trophischen Wechselwirkungen ist für das gewählte Untersuchungsgebiet nur in Ansätzen vorhanden (TSCHELAUT & SCHIEMER 2008, SCHIEMER et al. 2010).

Methodik: Für die Erfassung der makrozoobenthischen Besiedlung der ausgewählten Fließgewässer wurden jeweils zwei Lebensraumtypen nämlich rasch überströmte (Riffles) und stagnierende Bereiche (Pools) besammelt. An den Standorten wurden normalerweise zwei Riffle- und zwei Pool-Bereiche ausgewählt und jeweils zwei Proben aus verschiedenen Mikrohabitaten, einmal mit Laubbedeckung, einmal ohne, entnommen. So lagen pro Standort acht Einzelproben vor, die sich jeweils zur Hälfte auf die Bereiche Riffle bzw. Pool aufteilten. Bei jeweils vier Proben war das Bodensubstrat mit Laub bedeckt und bei vier war kein Laub vorhanden.

Die Verteilung der Großgruppen der Benthosgemeinschaft

Insgesamt fanden sich in 28 Proben der beiden Habitattypen (Riffle, Pool) 7864 Individuen, welche zehn Großgruppen angehörten. Dominierend und stets

Tab. 4: Umfassende Wasserchemieanalytik (Universität Innsbruck, Institut für Ökologie, Wasserchemielabor; März 2009)

Probenstelle	DOC	DN	DRSi	Cond	pH	Alk/Gran	[HCO3]			
	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µS]		[µeq/l]				
Río Bonito (RB)	209	33	18120	165	7.78	1675	1675			
Río Sardinal (RS)	266	22	17460	137	7.76	1390	1390			
Q. Chorro (QC)	449	39	23070	174	8.31	1795	1795			
Q. Esquinas (QE)	282	122	539	279	8.58	2660	2660			
Q. Negra (QN)	765	191	20540	201	7.68	2010	2010			
Stelle	**NO3-N**	**NO3-N**	**SO4**	**SO4**	**Cl**	**NH4-N**	**NH4-N**	**SRP**	**Ptot**	**Pdis**
	[µg/l]	[µeq/l]	[mg/l]	[µeq/l]	[µeq/l]	[µg/l]	[µeq/l]	(µg/l)	[µg/l]	[µg/l]
RB	29	2.07	1.56	32.5	13.0	2.00	0.14	0.60	20.0	18.00
RS	11	0.79	0.96	20.0	13.3	3.00	0.21	0.90	18.6	16.20
RC	14	1.00	15.00	0.8	0.4	2.00	0.14	0.90	20.3	16.60
QE	131	9.36	13.02	271.2	7.6	2.00	0.14		59.7	57.20
QN	208	14.86	1.87	39.0	28.2	7.00	0.50		25.2	21.00
Stelle	**Na**	**Na**	**K**	**K**	**Mg**	**Ca**	**Ca**			
	[mg/l]	[µeq/l]	[mg/l]	[µeq/l]	[µeq/l]	[mg/l]	[µeq/l]			
RB	5.3	230.5	0.31	8	654.00	17	860			
RS	4.04	175.7	0.39	9.97	531.43	14.39	718.06			
RC	8.67	377.1	0.387	0.8	436.82	20.6	1028			
QE	15.98	695.1	0.67	0.3	257.49	41.62	2077			
QN	7.66	333.2	0.64	0.3	486.18	25.63	1279			

in den Proben vorhanden waren Diptera (v.a. Chironomidae), Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera und Plecoptera zu finden. Lepidoptera, Acari, Odonata, Heteroptera und Megaloptera traten nur in geringeren Anteilen auf. Rasch überströmte, grobschottrige Bereiche sind am dichtesten besiedelt. Wenn noch Laub in diesem Substrat vorkommt, werden die größten Dichten erreicht (zum Beispiel 1833 Individuen im Rio Bonito).

Die relative Häufigkeit der Großgruppen kann sehr unterschiedlich ausfallen, wenn die Bäche miteinander verglichen werden. Im Quebrada Negra und im Rio Chorro waren Diptera am häufigsten vertreten (Quebrada Negra: 40,43% und Rio Chorro: 62,95%). Im Quebrada Esquinas sowie im Rio Sardinal dominierten die Trichoptera (Quebrada Esquinas: 36,01% und Rio Sardinal: 50,92%). Nur im Rio Bonito waren die Ephemeroptera die häufigste Großgruppe (40,71%), gefolgt von Dipterenlarven mit 30,73%. Im Quebrada Negra kamen die Ephemeroptera mit 26,28% am zweithäufigsten vor. Die Diptera waren im Quebrada Esquinas und im Rio Sardinal an zweiter Stelle (Quebrada Esquinas: 30,22% und Rio Sardinal: 27,52%) zu finden.

Die höchste Abundanz wies der Rio Bonito auf. Mit ca. einem Drittel weniger lag der Rio Chorro an zweiter Stelle, eine etwas geringere Abundanz zeigte sich im Quebrada Negra. Die geringste Individuendichte wurde im Rio Sardinal nachgewiesen, während die Werte des Quebrada Esquinas nur knapp unter denen des Quebrada Negra lagen.

Riffle oder Pool – macht auch Laub einen Unterschied?

Es zeigt sich deutlich, dass sich in den Riffle-Habitaten wesentlich mehr Individuen aufhielten als im Pool. Einige Ordnungen (Megaloptera, Lepidoptera, Plecoptera) kamen fast ausschließlich in Riffle-Habitaten vor, andere wiederum dominierten in diesen Habitaten, kamen aber auch in den langsam fließenden, tieferen Habitat vor. Bei fast allen Gruppen gibt es eine Präferenz für rasch überströmte Bereiche.

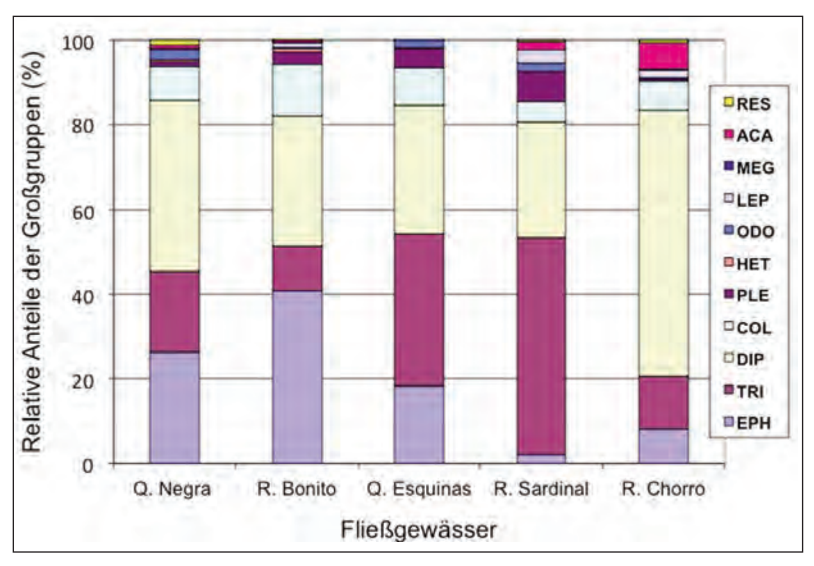


Abb. 12: Relative Häufigkeiten der Großgruppen in den neotropischen Bächen (März 2009).





Abb. 13: (**a**) In Riffle oder Pools mit stärkerer Strömung sind die am Substrat lebenden Goobiidae *Sicydium salvini* relativ häufig. Diese sind zwar vorwiegend detritivor und herbivor, würden aber auch vor kleinen Insektenlarven nicht zurückschrecken. (**b**) Laub hingegen bieten Schutz und vervielfacht die besiedelbare Fläche und auch den Lückenraum. Hier kommt neben diesem jungen Loricaridae *Hypostomus panamensis* eine diverse und individuenreiche Invertebratenfauna vor.

Ähnlich wie bei den Ephemeroptera, die als individuenstärkste Ordnung in den Riffles zu finden war, verhielt es sich bei den Diptera. Die Diptera dominierten allerdings mit 899 Larven und Puppen in den Pools, stellten aber in den Riffles die zweitgrößte Gruppe mit 1907 Individuen. Etwa zwei Drittel aller gefundenen Trichoptera stammten aus den Riffle-Abschnitten (890), gegenüber 301 aus den Pools. Bei den Coleoptera kamen mehr als doppelt so viele Individuen in den Riffleproben vor, verglichen mit den Poolproben. In den Riffle-Abschnitten wurden 561 Coleoptera-Larven und Imagines nachgewiesen, in den Pool-Bereichen hingegen nur 254 Individuen. Auch die Acari traten vermehrt im Riffle auf (70 Individuen). In den Poolproben waren 16 Acari vorhanden. Weniger deutlich zeigte sich der Unterschied bei den Odonata, hier wurden 33 Larven in den Riffle-Abschnitten und 19 Larven in den Pool-Abschnitten gefunden.

Nur bei einer einzigen Großgruppe verhielt es sich anders. Bei den Heteroptera zum Beispiel wurden mehr Individuen im Pool (39 Individuen) als im Riffle (10 Individuen) vorgefunden.

In den Riffles wurden die meisten Individuen in mit Laub bedeckten Bereichen nachgewiesen (4150), während deutlich weniger in den Substraten ohne Laub vorkamen (1546). Die beiden Pool-Bereiche (mit und ohne Laub) unterschieden sich nur gering in der Individuenzahl (1114 vs. 1025), die in beiden Fällen unter den Riffle-Habitaten lagen.

Krabben und Garnelen – häufige Zehnfußkrebse des tropischen Süßwassers

Die Decapoda sind mit weltweit etwa 10 000 Arten eine sehr artenreiche Krebsgruppe, die im Vergleich zu anderen Crustaceen vor allem wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung gut untersucht ist (Westheide & Rieger, 2004). Für Costa Rica sind über 600 Zehnfußkrebsarten nachgewiesen, wobei der Großteil mit etwa 550 Arten von marinen Vertretern gestellt wird, 43 sind im Süßwasser zu finden und 20 leben terrestrisch (Hulbert & Villalabos-Figueroa, 1982; Chace, 1983; Hobbs, 1994; Hendrickx, 1995; Vargas & Corte, 1999a; 1999b; Zimmermann & Martin, 1999; Boschi, 2000; Valles-Jimenez et al., 2005; Wehrtmann & Sáenz, 2007). Während die marinen Decapoden Costa Ricas zumindest an der Pazifikküste relativ gut untersucht sind, findet sich in der Literatur nur sehr wenig über die Süßwasserkrebse dieses Landes. Vorliegende Arbeiten beschränken sich meist auf das Vorkommen der Arten (Smalley, 1963; 1964; Vargas & Corte, 1999a; 1999b). Im Untersuchungsgebiet (Flusssystem des Río Esquinas, Piedras Blancas Nationalpark) war auf Grund von Literatursichtungen und der Erfahrung früherer Exkursionen mit Süßwasserkrabben und verschiedenen Süßwassergarnelen zu rechnen, die jedoch noch nicht näher erforscht waren.

Das Ziel vorliegender Untersuchung war einerseits das Artenspektrum der wenig bekannten Süßwasser-Decapoda rund um die Tropenstation La Gamba zu erfassen und andererseits einen Einblick in die kaum erforschte Ökologie dieser Arten und deren Bedeutung für das Nahrungsnetz in tropischen Fließgewässern zu erlangen.

Methodik: In den Exkursionsperioden März 2009, Februar 2011 und Februar 2013 wurde in der näheren Umgebung der Tropenstation La Gamba die Decapodenfauna von insgesamt sechs Fließgewässern (Quebrada Negra, Rio Bonito, Quebrada Bolsa, Quebrada Esquinas, Quebrada Sardinal und Quebrada Chorro) im Einzugsgebiet des Rio Esquinas untersucht. Die Krebse wurden entweder mit der Hand oder mit beköderten Reusen gefangen, die über Nacht exponiert wurden. Auch wurden Nachweis durch Sichtung (Schnorcheln), Grabbauten und Häutungsreste dokumentiert. Die gefangenen Krebse wurden zur näheren Bestimmung ins Labor gebracht, einzelne Individuen in 70 %igem Alkohol konserviert, wo die Artbestimmung leicht möglich war wurden die Krebse wieder in ihren Lebensraum entlassen. Die typischen Habitate der gefangenen Tiere und deren Strömungsverhältnisse wurden deskriptiv und fotografisch festgehalten.

Süßwasserkrabben und Süßwassergarnelen im Nationalpark Piedras Blancas

In den untersuchten Gewässern im Flusssystem des Rio Esquinas konnten in den Exkursionsperioden 2009, 2011 und 2013 insgesamt sieben Decapodenarten (eine Süßwasserkrabbe und sechs Süßwassergarnelen) aus den drei Familien Pseudothelphusidae (Brachyura), Palaemonidae und Atyidae (beide Caridea) nachgewiesen werden. Ein Vorkommen der Süßwasserkrabbe *P. pittieri* war bislang für das Untersuchungsgebiet noch nicht bekannt (R. VARGAS, schriftliche Mitteilung), obwohl die Familie Pseudothelphusidae von SMALLEY (1964) für das benachbarte Panama angegeben wird. Auch die Großarmgarnele M. *occidentale* wurde zuvor noch nicht in diesem Teil Costa Ricas nachgewiesen (R. VARGAS, schriftliche Mitteilung), kommt aber ebenfalls in Panama vor (KARGE & KLOTZ, 2008). Mit dem Fund von *P. pittieri* und M. *occidentale* liegen somit zwei Erstnachweise für diese Region vor. Am häufigsten wurde die Krabbe *P. pittieri* zusammen mit der Großarmgarnele M. *americanum* gefangen oder gesichtet. Mehrmals war der Fang von Adulttieren bei *P. pittieri* gelungen, wodurch die Artbestimmung möglich wurde. Für die anderen Gewässer erfolgten die Nachweise anhand jüngerer Stadien. *Pseudothelphusa pittieri* und M. *americanum* dürften auf Grund ihrer teils enormen Größe und ihrer Abundanz auch die höchste Biomasse der Evertebratenfauna in den untersuchten Gewässern ausmachen.

Brachyura

Diese Süßwasserkrabben repräsentieren den krabbenartigen (cancroiden) Habitus. Der Cephalothorax ist stark verbreitert und abgeflacht. Der Carapax ist gewöhnlich breiter als lang, wobei ein auffälliges

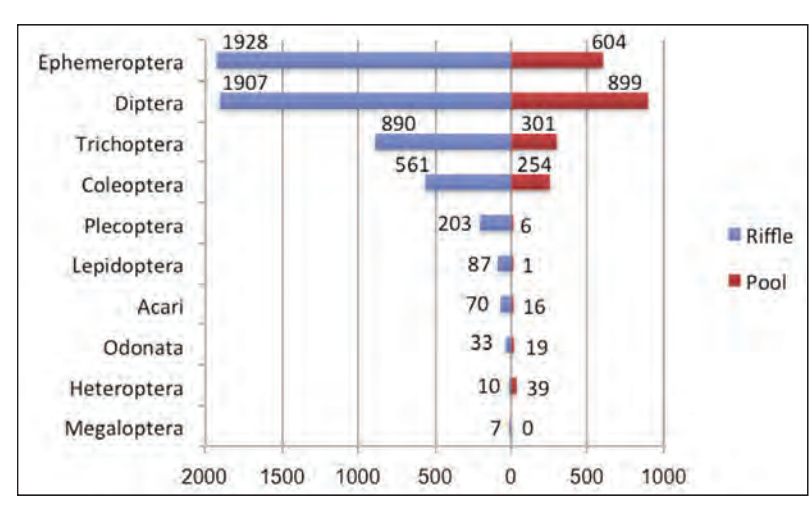


Abb. 14: Vergleich der in den Pools und Riffles festgestellten Makrozoobenthos-...Ordnungen und ihre Individuendichte (Aufnahme März 2009).

Tab. 5: Anzahl der Individuen in den verschiedenen Habitattypen (Mittelwerte aus allen Proben) (Aufnahme März 2009).

Habitattyp	Summe Individuen
Riffle Stein	1546
Riffle Laub	4150
Pool Stein	1025
Pool Laub	1114

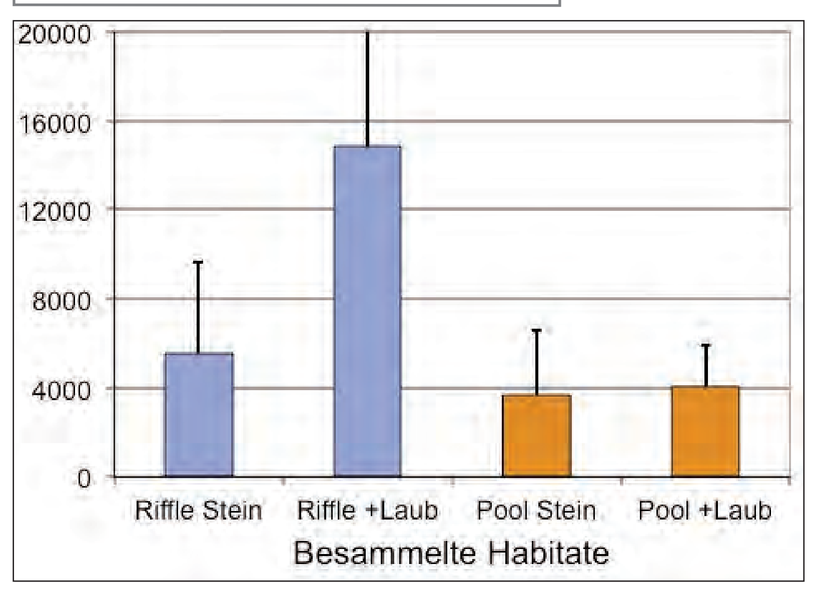


Abb. 15: Individuenzahlen der Benthosgemeinschaft (Ind. m-²) in den Riffle- und Pool-Habitaten (Stein...ohne Laub, +Laub...mit Laub).

Rostrum fehlt. Die beiden Antennen sind kurz, die 1. Peraeopoden haben kräftige Scheren. Das Pleon ist klein und wird nach vorne geklappt unter dem Cephalothorax getragen. Die Pleopoden werden nie zum Schwimmen benutzt. Ein Schwanzfächer ist nicht vorhanden. Krabben können vor-, rück- und seitwärts laufen. Schnelles Laufen geschieht immer seitwärts; dabei üben die in Fortbewegungsrichtung liegenden Beine Zug aus, indem sie sich krümmen und die gegenüberliegenden Beine drücken, indem sie sich strecken (Abb. 16).

Tab. 6: Artenspektrum und Nachweis von Decapoda in den untersuchten Gewässern; + Nachweis 2009, X Nachweis 2011, # Nachweis 2013.

	Q. Negra	R. Bonito	Q. Bolsa	Q. Esquinas	Q. Sardinal	Q. Chorro
Brachyura						
Fam. Pseudothelphusidae						
Pseudothelphusa pittieri Rathbun, 1898	+ X #	X #	X #	+	+ #	+
Caridea						
Fam. Palaemonidae						
Macrobrachium americanum Bate, 1868	+ X	+ X #	X		+ X	+
Macrobrachium occidentale Holthius, 1950		+ X #	#		+ X #	
Macrobrachium digueti (Bouvier, 1895)		#	#			
Palaemon sp.	+					
Fam. Atyidae						
Atya mageritacea A. Milne-Edwards, 1864		+ X				
Potimirim cf. *glabra* (Kingsley, 1878)				+	+	

Symbole
+ *Nachweise 2009*
X *Nachweise 2011*
Nachweise 2013

Die Süßwasserkrabben Amerikas gehören mit der Ausnahme der Gattung *Trichodactylus* Latreille, 1825 (Trichodactylidae) zur Familie Pseudothelphusidae, die in Costa Rica mit zwei Gattungen (*Potamocarcinus*, *Pseudothelphusa*) und zehn Arten vertreten ist (SMALLEY, 1964). Die Verbreitung der Pseudothelphusidae umfasst den tropischen Gürtel am amerikanischen Kontinent von Sonora (Mexiko) bis Peru, und von der Pazifikküste bis zu den Westindischen Inseln (HULBERT & VILLALABOS-FIGUEROA, 1982). Im Untersuchungsgebiet wurde die Süßwasserkrabbe *Pseudothelphusa pittieri* Rathbun, 1898 als einzige Art nachgewiesen.



Abb. 16: *Pseudothelphusa pittieri* RATHBUN, 1898 als einzige Süßwasserkrabbe nachgewiesen.

Beeindruckend ist das sympatrische Vorkommen von Süßwasserkrabben und mehreren Garnelenarten auf engstem Raum, wenngleich bei den meisten Arten ein ontogenetischer Habitatwechsel zu beobachten war. Die Jugendstadien von *P. pittieri* versteckten sich meist unter kleineren Steinen am seichten Gewässerrand oder im Interstitial. Bei einigen Individuen wurde auch eine semiterrestrische Lebensweise beobachtet. So wurde ein juveniles Individuum gut 15 m vom Bachbett entfernt unter einem Baumstamm vorgefunden. Die adulten Krabben bevorzugen jedoch größere und tiefere Stillwasserbereiche, wo sie in der Nähe von Laubansammlungen ihre Höhlen unter größeren Steinen, oder in der lehmigen Uferböschung anlegen. Die Individuen scheinen einen Farbwechsel vom Juvenil- (dunkel bis fast schwarz) zum Adultstadium (rot-bräunlich) zu vollziehen. Die Färbung der Adulttiere scheint den Laubansammlungen am Gewässeruntergrund angepasst zu sein.

Caridea

Die Vertreter der Familien Atyidae (Fächergarnelen) und Palaemonidae (Felsen- und Partnergarnelen) zeigen einen garnelenartigen (caridoiden) Habitus. Der Körper ist zylindrisch, die Antennen sind geißelförmig. Der Carapax läuft vorn zwischen den Augen in einen kielartigen Vorsprung (Rostrum) aus. Die ersten zwei Paar Peraeopoden tragen endständige Scheren; diese sogenannten „Scherenbeine" zeigen eine morphologische Anpassung in Bezug auf die Ernährungsweise. Das Pleon ist wohlgegliedert, trägt Schwimmbeine und endet in einem Schwanzfächer. Dieser Körperbau erlaubt drei Arten der Fortbewegung: (1) Schreiten mit Hilfe der letzten 4-3 Peraeopodenpaare, (2) Vorwärtsschwimmen mit Hilfe der Pleopoden und (3) blitzartiges rückwärts gerichtetes Davonschießen mit Hilfe Schwanzfächers (Abb. 17).

Unter den garnelenartigen Decapoda umfasst die Familie Palaemonidae in Zentral- und Mittelamerika 36 Arten aus sieben Gattungen (HULBERT & VILLALABOS-FIGUEROA, 1982), die sowohl limnische, als auch marine Lebensräume besiedeln (KLOTZ & KARGE, 2008). Besonders artenreich ist die Gattung *Macrobrachium* Bate 1868 (Großarmgarnelen), die weltweit über 200 Arten umfasst und eine pantropische Verbreitung in Afrika, Asien und Amerika aufweist (SHORT, 2004; VALENCIA & CAMPOS, 2007; KARGE & KLOTZ, 2008).

Die Familie Atyidae ist in ökologischer Hinsicht eine extrem wichtige Krebsgruppe, wobei in Zentral- und Mittelamerika 25 Arten aus sieben Gattungen vorkommen (HULBERT & VILLALABOS-FIGUEROA, 1982). Die Gattung *Atya* Leach 1817 charakterisiert dabei die Familie die in den Tropen vorkommt, allerdings in Ostafrika und am asiatischen Kontinent fehlt (HULBERT & VILLALABOS-FIGUEROA, 1982) (Abb. 18).

Die rheophile Fächergarnele *Atya mageritacea* (Atyidae) teilt ihren Lebensraum mit den kleineren Großarmgarnelen M. *occidentale* in stark durchströmten Schnellen. Auch HOBBS & HART (1982) geben an, dass größere Populationen von verschiedenen *Atya*-Arten an schnell fließende Gewässer mit steinigem Substrat gebunden sind. Mit den krallenartigen Strukturen am kräftigen dritten, vierten und fünften Beinpaar können sie eine enorme Bodenhaftung erzeugen, was als morphologische Anpassungen an die starke Strömung gesehen werden kann. Diese Fächergarnelen verstecken sich unter Steinen, wo sie sich unter Steinen an der strömungsabgewandten Seite kleinere Wohnhöhlen bauen.

Der Lebensraum der Decapoda im Regenwaldbächen des Nationalparks Piedras Blancas

Im Quebrada Negra wurden im Bereich der Tropenstation und bachaufwärts im Bereich unterhalb des Wasserfalls oberhalb der Esquinas Rainforest Lodge drei verschiedene Decapoda nachgewiesen. Die beiden Untersuchungsstrecken unterschieden sich hinsichtlich des dominierenden Substrats, da die Korngrößenzusammensetzung und -verteilung des Bachsediments unterschiedlich war. Die obere Strecke war deutlich grobblockiger gestaltet (Makro- bis Megalithal; >20 cm bis 40 cm bis > 40 cm Durchmesser), wodurch sich größere und kleinere Gumpen bilden und die Verfügbarkeit des potentiellen Lebensraumes erhöht. Im unteren Untersuchungsabschnitt hatte das dominierende Substrat einen kleineren Durchmesser, der Lückenraum war dadurch reduziert. In beiden Streckenabschnitten wurden sowohl Süßwasserkrabben *P. pittieri*, als auch zwei Süßwassergarnelenarten M. *americanum* und *Palaemon* sp. (Palaemonidae) nachgewiesen (Abb. 19).



Abb. 17: *Macrobrachium americanum* ist der größte Wirbellose in den Bächen Costa Ricas.



Abb. 18: Die rheophile Fächergarnele *Atya margaritacea* (Atyidae) lebt in den stark durchströmten Grobschotterbereichen im Río Bonito.

Im Rio Bonito wurde ein Abschnitt von einem mäßig überströmten Bereich unterhalb eines großen Gumpens (Pool) bis zu mehreren flussaufwärts gelegenen Stromschnellen (Riffles) genauer untersucht (Abschnittslänge ca. 200 m). Der Pool bestand hauptsächlich aus lehmigem Substrat mit Laubansammlungen und wenigen größeren Steinen (Makrolithal, > 20 cm bis 40 cm). Das Hauptsubstrat der turbulenten Riffles war Mesolihal (> 6 cm bis 20 cm) mit epilithischem Algenaufwuchs. Im Rio Bonito erfolgte in den drei Untersuchungsperioden ein Nachweis von fünf verschiedenen Decapoda aus den drei Familien Pseudothelphusidae, Palaemonidae und Atyidae (Tab. 6). Im Rio Bonito waren mit *Macrobrachium americanum*, M.

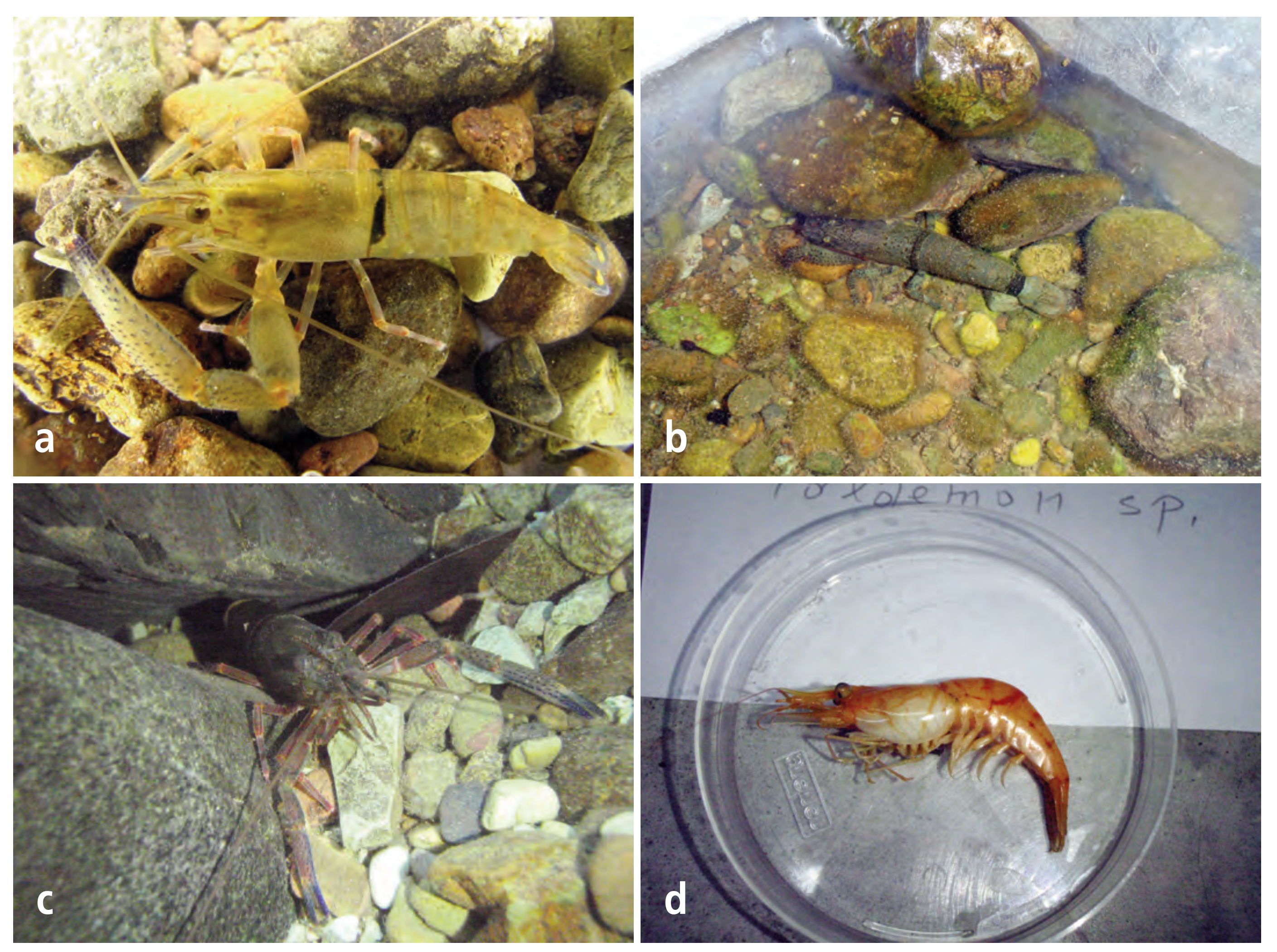


Abb. 19: Die kleinere Großarmgarnele *Macrobrachium occidentale* (Palaemonidae) teilt ihren Lebensraum mit der rheophilen Fächergarnele *Atya mageritacea* (Atyidae) in stark durchströmten Schnellen (**a**, **b**). Neben der Gattung Macrobrachium kommt Palaemon als eine andere Gattung der Palaemonidae vor (**c**, **d**).

occidentale und M. *digueti* drei verschiedene Großarmgarnelen vertreten, wobei sich M. *americanum* in den größeren Pools, M. *occidentale* in den Riffles und M. *digueti* in den ruhigen Seitenarmen des Gewässers aufhielten. Die Süßwasserkrabbe *P. pitieri* wurde in den ruhigeren Bereichen des Rio Bonitos nachgewiesen (Tab. 6). Interessant waren hier vor allem die „Riffles", wo sich zwei verschiedene Großarmgarnelen M. *americanum* und M. *occidentale* Holthuis, 1950 und die Fächergarnele *Atya mageritacea* den Lebensraum teilten. Der Bereich des Gumpens wurde wiederum von kleineren M. *occidentale* und größeren Individuen von M. *americanum* besiedelt.

Im Quebrada Bolsa, einem rasch fließenden Gewässer erster Ordnung, war die Artenvielfalt mit vier nachgewiesenen Arten vergleichsweise ebenfalls hoch. *Macrobrachium occidentale* war ausschließlich in den Riffles vorzufinden, musste sich dieses Habitat jedoch abschnittsweise mit einer weiteren Großarmgarnele M. *digueti* teilen, welche aber auch in den Pools nachgewiesen werden konnte. Zudem konnte auch die Fächergarnele *Atya margaritacea* in einem Riffle gesichtet werden. Und als Vertreter der Süßwasserkrabben wurde auch *P. pitieri* vorwiegend in den Gumpen nachgewiesen (Tab. 6).

Im Quebrada Esquinas konnte eine weitere Garnelenart aus der Familie der Atyidae, die knapp 2 cm große Zwerggarnele *Potimirim* cf. *glabra* nachgewiesen werden, sowie Jugendstadien der Süßwasserkrabbe *P. pittieri*, die im Interstitial am Gewässerrand gefunden wurden. Ein weiteres Vorkommen von Großarmgarnelen kann in diesem Gewässer nicht ausgeschlossen werden (Tab. 6).

Die Gewässermorphologie des untersuchten Abschnittes im Quebrada Sardinal war jener des Rio Bonito sehr ähnlich, dennoch war eine deutlich geringere Fließgeschwindigkeit zu verzeichnen. In diesem Gewässer wurden im Jahr 2009 ebenfalls Zwerggarnelen *P.* cf. *glabra* und Jugendstadien der Süßwasserkrabbe *P. pittieri* gefangen, sowie M. *americanum* beim Schnorcheln gesichtet

(Tab. 6). 2013 wurden nur zwei Arten nachgewiesen. Das waren zum einen die Süßwasserkrabbe *P. pitieri* in einem tieferen Seitenarm und zum anderen die Großarmgarnele *M. occidentale*, welche sowohl in den rasch fließenden, als auch ruhigeren Bereichen des Q. Sardinals anzutreffen war. Verwunderlich war, dass keine *M. americanum* in den tiefen Gumpen bzw. unterspülten Bereichen dieses Gewässers nachgewiesen werden konnten, wie es in vorangegangenen Untersuchungen aus den Jahren 2009 und 2011 der Fall war.

Im Quebrada Chorro mit grobblockigem Substrat (Megalithal), größerem Gefälle und den tiefsten Gumpen wurde im Februar-März 2009 jüngere Individuen der Krabbe *P. pittieri* sowie *M. americanum* durch Sichtung, bzw. Häutungsreste nachgewiesen (Tab. 6).

Mögliche Rolle der Decapoda im Nahrungsnetz der Fließgewässer

Durch ihre Ernährungs- und Lebensweise nehmen die Decapoden eine wichtige Stellung im Ökosystem ein. Sie erfüllen dabei eine Reihe wichtiger Funktionen, wie die Lockerung des Substrats durch das Graben von Wohnhöhlen, die Zersetzung der Laubstreu, die Aasbeseitigung sowie den Raubdruck auf andere Süßwassertiere. *Macrobrachium*-Arten können durchaus neben den räuberischen Fischen als Top-Prädatoren in den Nahrungsnetzen der tropischen Fließgewässer agieren.

Decapoda werden generell als omnivor eingestuft, wenngleich es eine Reihe von Spezialisten gibt, die sich rein tierisch, pflanzlich, oder von Aas ernähren (WESTHEIDE & RIEGER, 2004). Die Nahrung dürfte bei den Süßwasserkrabben, wie auch bei den Großarmgarnelen zu einem hohen Prozentsatz pflanzlich (Falllaub) sein, wobei auch Aas auf dem Speiseplan steht, wie unsere Reusenfänge zeigten. Die Nahrung kann bei den Palaemonidae zu 44 % und bei den Atyidae zu 83 % aus filamentösen Cyanobakterien des Biofilms bestehen (BURNS & WALKER, 2000). Dies dürfte auch das Fehlen der Atyidae im Quebrada Negra erklären, wo kein epilithischer Aufwuchs vorhanden war und damit die Nahrungsquelle fehlte. Durch das Aufspannen ihrer fächerartigen Anhänge an den ersten beiden Beinpaaren filtert *A. mageritacea* organischen Detritus und kleinere Beute aus der Strömung (HULBERT & VILLALABOS-FIGUEROA 1982; KARGE & KLOTZ 2008). Die fächerartigen Anhänge von *P.* cf. *glabra* sind allerdings nicht zum Filtrieren geeignet, sondern um damit das Substrat abzustreifen (KARGE & KLOTZ 2008). Die Untersuchungen von PRINGLE (1996) zeigten, dass die Atyidae durch ihren Fraß die Diversität und die Verteilung der Algengemeinschaften in Fließgewässern beeinflussen. Vor allem auch durch Substratumlagerungen haben sie weitreichende Auswirkungen auf sessile benthische Evertebraten (PRINGLE et al., 1993). Die verschiedenen *Macrobrachium*-Arten stellen wichtige Komponenten in der Ökologie von Fließgewässern dar (NWOSU et al., 2007) und werden als omnivor, carnivor und detritivor eingestuft (PRINGLE et al., 1993; COLLINS & PAGGI, 1998; KILHAM & PRINGLE, 2000; MARCH & PRINGLE, 2003; MANTEL et al., 2004). Diese Süßwassergarnelen können neben den räuberischen Fischen als Top-Prädatoren in den Nahrungsnetzten tropischer Fließgewässer agieren und sich hauptsächlich von benthischen Evertebraten ernähren (MANTEL et al., 2004). Durch seine gut entwickelten Schwimmbeine (Pleopoden) und die starke Schwanzmuskulatur ist *M. americanum* ein sehr flinker Schwimmer, der auch aktiv nach Beute jagen dürfte. Wie die Reusenfänge zeigten, fressen diese aggressiven Süßwassergarnelen auch Aas und können aktiv Fische fangen. Einerseits wurden die Garnelen durch die Fischköder in die Reuse gelockt, wo sie in weiterer Folge andere Fische erbeuteten, die ebenfalls durch den Köder angelockt wurden. DUFF et al. (1996) geben für Gewässer mit geringer Primärproduktion die atlantische Geschwisterart *M. carcinus* (Linnaeus, 1758) als wichtigen Streuzersetzter an. Eine ähnliche Rolle könnte auch *M. americanum* im Quebrada Negra spielen, wo der Nährstoffeintrag hauptsächlich aus allochthonem Bestandesabfall besteht.

Die Zehnfußkrebse dürften auf Grund ihrer Abundanz und der daraus resultierenden hohen Biomasse eine essentielle Rolle im Nahrungsnetz tropischer Fließgewässer spielen. Die einzelnen Arten besetzten verschiedene ökologische Nischen im selben Habitat und die unterschiedlichen Verhaltens- und Ernährungsweisen dieser Krebstiere lassen verschiedenste Auswirkungen auf das Ökosystem vermuten. Dabei wirken diese Crustacea auf verschiedene Ebenen im Nahrungsnetz und erfüllen wichtige Funktionen wie Prädation, Aasbeseitigung und Sediment- und Nährstoffmobilisation durch Bioturbation, Grabtätigkeiten und Zersetzen der Laubstreu. Für verschiedene gewässerassoziierte Tierarten stellen diese Krebstiere wiederum eine proteinreiche Nahrungsquelle dar. Der Mensch bedient sich leider auch auf unerlaubte Weise dieser Proteinquelle – leider wird immer wieder von Gifteinsatz zum Garnelenfang berichtet!

Die Fische in den Regenwaldbächen des Nationalparks Piedras Blancas

Die Fischfauna Mittelamerikas wird stark von der salztoleranten Ordnung Cyprinodontiformes, allen voran die Familie der Poeciliidae, und der Familie Cichlidae der Ordnung Cichliformes dominiert. Auch vom Meer einwandernde Fischarten tragen stark zu der Diversität in mittelamerikanischen Fließgewässern bei (MILLER, 1966). Die Fischfauna Costa Ricas beherbergt zumindest

135 Süßwasserarten (BUSSING 2002), die sich auf drei der fünf mittelamerikanischen Fischprovinzen und 17 hydrographische Flussgebiete verteilen. Unser Untersuchungsgebiet liegt in der Fischprovinz Ístmica und im hydrographischen Flussgebiet Río Térraba. Die geographische Verbreitung der Süßwasserfische in Costa Rica ist einigermaßen bekannt, Angaben über Lebenszyklen, Wachstum, Konkurrenz, trophische Rolle, Populationsparameter, Vergesellschaftung und die Wirkung abiotischer und biotischer Faktoren auf die Artenverteilung und Populationen sind jedoch kaum vorhanden (BUSSING 1994).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Erfassung der vorkommenden Fischarten in ausgewählten Gewässern des Naturparks Piedras Blancas. Durch räumlich-gezieltes Aufsammeln und unterschiedliches Köderangebot sowie aus Angaben aus der Literatur (z.B. FishBase; BUSSING 1994, 1998, 2002; SCHIEMER et al. 2010) sollte ein Überblick der räumlichen Verteilung im Lebensraum, des möglichen Nahrungsspektrums sowie der trophischen Rolle der einzelnen Fischarten gegeben werden. Als grundsätzliche Orientierung dienten BUSSING (1994, 1998, 2002) sowie eine Diplomarbeit (PICHLER & SCHIEMER 2008), die am Quebrada Negra durchgeführt wurde.

Methodik: Das Vorkommen der Fischarten und ihre Verteilung und auch ihr Verhalten im Bachbett und Lebensraum werden hier für stark durchströmte Abschnitte (Riffle), mäßig durchströmte Abschnitte (Run) und langsam fließende bis stehende, tiefere Abschnitte (Pool) der untersuchten Fließgewässer dargestellt. Meist schnorchelnd wurden die vorkommenden Fischarten gezählt beziehungsweise ihre Zahl geschätzt und spezifischen Gewässerzonen (Boden, Freiwasser, Oberfläche, Uferbereich) zugeordnet. Wo ersichtlich, wurden Nahrungspräferenz, Ernährungsweise oder anderen auffälligen Verhaltensweise für die jeweilige Fischart dokumentiert.

Für den Fischfang standen auch sechs Kleinfischkastenreusen (23x23x55 cm) zur Verfügung, die mit Fischstücken, Obst oder Brot beködert, in den Untersuchungsabschnitten ausgesetzt und nach einem definierten Zeitraum wieder eingeholt wurden. Auch eine Schnellklappsenke mit einer Größe von 1x1 m kam zum Einsatz. Sie wurde auf den Gewässergrund gelegt und mit Köderstücken wurden Fische angelockt. Durch ruckartiges Anheben der Senke konnten die darüber schwimmenden Individuen aus dem Wasser gehoben werden. Die gefangenen Tiere wurden bestimmt, gezählt und wieder freigesetzt. Mithilfe von Handnetzen wurde unabhängig von der Direktbeobachtung versucht, innerhalb einer definierten Zeitspanne (10 Minuten) an einer Probenstelle möglichst viele Arten in möglichst großer Zahl zu fangen.

Die Fischarten und ihre Verbreitung im Ökosystem Fluss

Während der Untersuchungen in den Jahren 2009, 2011 und 2013 konnten mindestens 23 Fischarten aus zehn Familien nachgewiesen werden. Die dominierenden Familien mit jeweils mehreren Arten waren Characidae (Salmler), Poeciliidae (Lebendgebährende Zahnkärpflinge), Cichlidae (Buntbarsche), Pimelodidae (Antennenwelse) und Loricaridae (Harnischwelse). Die Familie Gobiidae (Grundeln) mit zwei Arten sowie die Familien Lebiasinidae (Schlanksalmler), Eleotridae (Schläfer), Gobiesocidae (Schildfische) und Mogulidae (Meeräschen) mit jeweils einem Vertreter wurden regelmäßig in den Fließgewässerlebensräumen angetroffen.

Die **Characidae** stellen eine sehr große und diverse Familie der Subtropen und Tropen dar, deren Verbreitung von Südwest-Texas über Mexiko und Zentralamerika nach Südamerika reicht. Die meisten Vertreter der Familie Characidae sind klein (normalerweise < 3 cm bis sogar nur 13 mm), dafür aber sehr farbenprächtig, was sie auch zu beliebten Aquarienfischen macht. Die Körperform ist seitlich stark komprimiert, langestreckt oder teilweise hochrückig. Charakteristisch sind die gegabelte Schwanzflosse und eine gewölbte Bauchlinie. **Characidae** sind ausschließlich im Süßwasser beheimatet, wo sie meist in Schwärmen in nahezu allen Teillebensräumen auftreten. Sie leben entweder versteckt in Pflanzen, im Freiwasser, in Substratnähe oder auch in oberflächennahen Bereichen.

Astyanax aeneus war der häufigste Vertreter in den untersuchten Bachabschnitten, dominierte sowohl in den strömungsberuhigten Gumpen als auch in den schnell fließenden Bereichen. Er gilt als bentho-pelagische Art und kommt in verschiedenen Fließgewässertypen bis 1000 m Seehöhe vor. Der Temperaturbereich wird mit 20 bis 37 °C angegeben. *Hyphessobrycon savagei*, ein silbrig-gefärbter Salmler, bewohnt ebenfalls den bentho-pelagialen Bereich von Flüssen mit moderater Fließgeschwindigkeit und einer Temperaturamplitude von 24 bis 26 °C. In den untersuchten Gewässern ist er weniger häufig und ist auch nur auf die Bereiche mit moderater Strömung beschränkt. Weil er überwiegend terrestrischen Insekten frisst, unterscheidet er sich auch in seiner Ernährungsweise vom omnivoren *Astyanax aenus*. *Hyphessobrycon savagei* erreicht eine maximale Länge von 4,4 cm.

Brycon behreae bewohnt die bentho-pelagialen Bereiche verschiedener Fließgewässer mit moderater bis hoher Fließgeschwindigkeit von 10 – 640 m Seehöhe und einer Wassertemperatur zwischen 21 und 29 °C und wurde auch fast in allen untersuchten Habitaten in hohen Dichten angetroffen. Obwohl eine Körperlänge

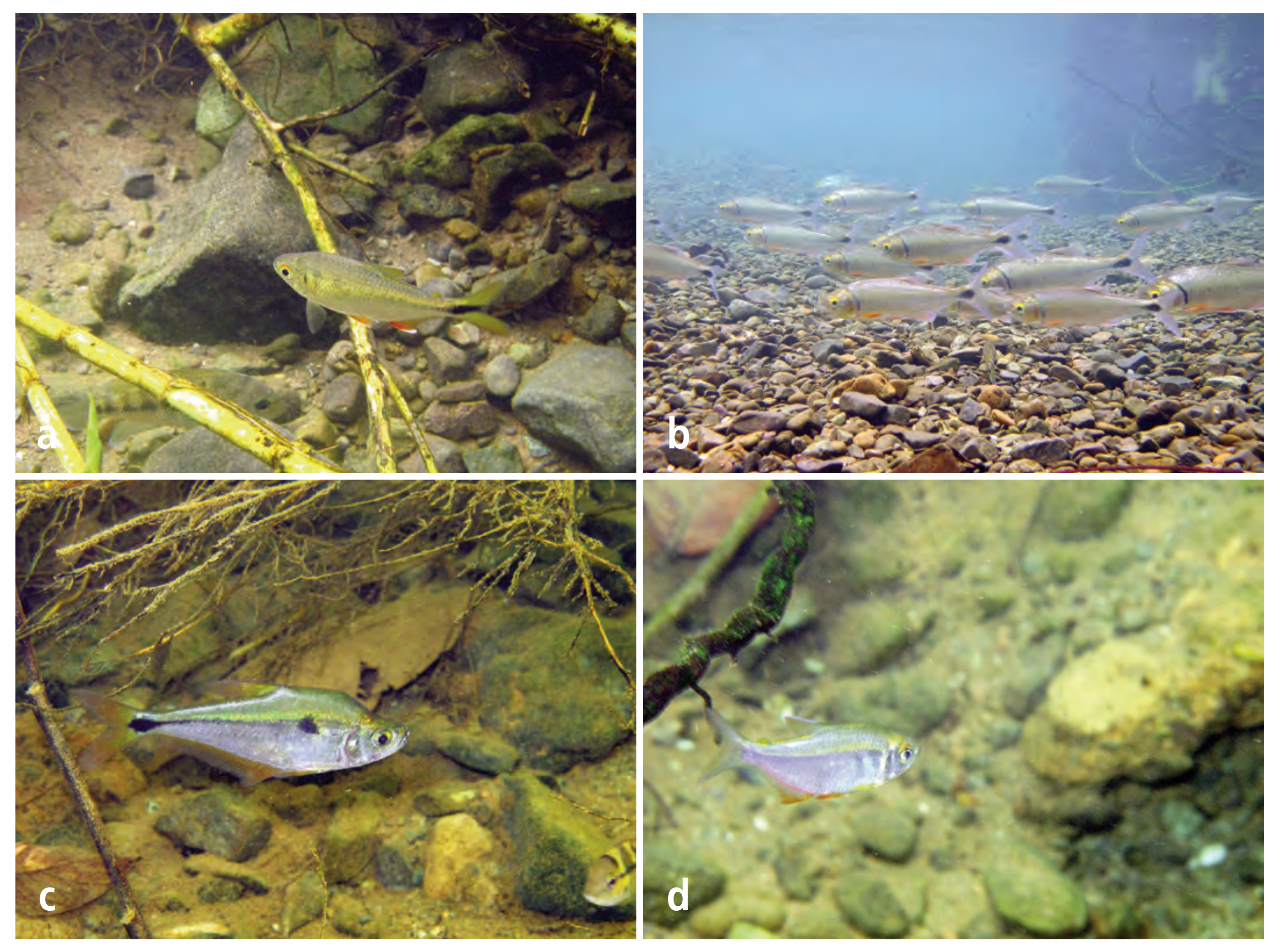


Abb. 20: Die in allen Gewässern häufigen Vertreter der Characidae: *Astyanax aeneus* (**a**), *Brycon behreae* (**b**), *Roeboides ilseae* (**c**), *Hyphessobrycon savagei* (**d**).

von 26,5 cm und ein Gewicht bis zu 2 kg sogar erreicht werden kann, blieben die beobachteten Individuen darunter. Die Ernährung ist omnivor (Abb. 20).

Die **Pimelodidae** sind eine in Mittel- und Südamerika und auf den Karibischen Inseln beheimatete Familie, die zu den Siluriformes (=Welse) gehört. Die Körperlänge kann von 3 cm bis sogar 3,8 m betragen. Typisch sind drei Paar Barteln, ein lang gestreckter Körper ohne Schuppen sowie ein großer Kopf. Rücken- und Brustflossen besitzen häufig Flossenstachel, die Schwanzflosse ist meist stark gegabelt, die Fettflosse meist gut entwickelt. In ihrer Heimat bewohnen die Antennenwelse Flüsse und Bäche von 20 bis 660 m Seehöhe. Sie sind meist dämmerungs- und nachtaktiv.

Rhamdia guatemalensis bewohnt die bentho-pelagialen Bereiche verschiedener Gewässer in Mittel- und Südamerika bei einer Temperatur zwischen 22 und 28°C. Obwohl diese Art auch in Seen zu finden ist, scheint sie Flüsse mit sehr geringer Strömung zu bevorzugen. Dort hält sich *Rhamdia guatemalensis* hauptsächlich auf schlammigen, mit Laub und Holz bedeckten Flussgründen auf, die ihm unter Tags geeignete Versteckmöglichkeiten bieten. *Rhamdia guatemalensis* wurde im R. Negro und auch im R. Sardinal jeweils in den Pools nachgewiesen. Die Ernährung ist omnivor (Abb. 21).

Pimelodella chagresi, ein Antennenwels, der eine Körperlänge von etwa 15 cm erreichen kann, ist in 23 – 26 °C warmen Süßwasserlebensräumen in Mittel- und Südamerika in einer Seehöhe zwischen 20 m und 660 m beheimatet. Man findet ihn vor allem in Flüssen mit moderater Fließgeschwindigkeit und sandigen, kiesigen und steinigen Flussgründen. *Pimellodella chagresi* kam in allen untersuchten Lebensräumen vor. Als Nahrung dienen hauptsächlich aquatische Insekten, bevorzugt werden Dipteren-Larven.

Die der **Loricariidae** sind eine Familie aus der Ordnung der Welsartigen und kommen in Costa Rica, Panama und Süd-Amerika vor. Mit momentan 820 beschriebenen Arten zählen sie zu den artenreichsten Fischfamilien. Sie kommen in allen Süßwassergewäs-

sern von Meereshöhe bis zu 3000 m Seehöhe vor. Ihr meist lang-gestreckter, abgeflachter Körper ist von Knochenplatten umgeben und geschützt. Die zu einer Saugscheibe umgeformten Lippen dienen der Nahrungsaufnahme (Abschaben von ephilithischen Algen und Mikrobiota) sowie dem Festhalten und werden von variabel gestalteten Barteln umgeben.

Rineloricaria uracantha hat eine kegelige-abgeflachte Körperform. Das Körperende endet in ein terminales Filament. Die maximale Körperlänge beträgt 16,5 cm. Der Körper ist braun bis grau, die Flossen meist etwas heller und schwarz gepunktet. Am Rücken sind fünf breite Querstreifen. Diese Art bewohnt festgesaugt an den Untergrund Flüsse und Bäche mit moderater bis mittlerer Fließgeschwindigkeit und ernährt sich hautsächlich von Algen, Mikroorganismen und aquatischen Invertebraten. Dieser Harnischwels kommt in Panama und Costa Rica vor und wurde im R. Bonito nachgewiesen (Abb. 22).

Hypostomus panamensis hat einen stark abgeflachten grünlich-braunen, schwarz-gepunkteten Körper, der mit stacheligen Platten bedeckt ist. Sowohl Brust, als auch Fettflosse sind mit dornenartigen Strahlen verstärkt. Die maximale Körperlänge kann zwischen 30 und 40 cm betragen. *Hypostomus panamensis* bewohnt bevorzugt Bäche und Flüsse mit moderater Fließgeschwindigkeit bis zu einer Seehöhe von 560m. Als Nahrung werden Algen, Mikroorganismen und abgestorbenes organisches Material genutzt. In vorliegender Untersuchung wurde er im R. Sardinal nachgewiesen.

Die **Poeciliidae** sind vom Osten der USA bis Nordost-Argentinien, außerdem in Afrika und Madagaskar verbreitet. In Costa Rica kommen 150 Arten vor, wobei die meisten relativ klein (wenige Zentimeter) sind. Sie kommen meist in großen Mengen in Süß- und Brackwasser vor. Viele Arten sind beliebte Aquarienfische.

Brachyrhaphis rhabdophora lebt in Bächen und Flüssen Costa Ricas mit moderater bis mittlerer Fließgeschwindigkeit und einer Temperatur zwischen 23 und 32 °C zwischen 3 und 540 m Seehöhe. Die maximale Körperlänge dieser insektivoren Fische beträgt 6 cm. An den Körperseiten haben (vor allem männliche Exemplare) 12 dunkle Streifen, die kaudale und die dorsale Flosse besitzen gelb oder orange gefärbte Bereiche.

Poeciliopsis paucimaculata bewohnt hauptsächlich bentho-pelagische Bereiche im Süßwasser bei Temperaturen von 24 – 27 °C und einer Seehöhe von 20 bis 940 m Seehöhe. Mittlere bis starke Strömung wird bevorzugt. Die kleinen Individuen (maximale Körperlänge bei den Weibchen 4 cm, bei den Männchen 3,5 cm) kommen meist in kleineren Aggregationen auf felsigem und steinigem Boden, wo nach Nahrung gesucht wird, vor.

Poeciliopsis retropinna lebt im bentho-pelagialen Bereich im Süßwasser mit einer Temperatur von 21 – 29 °C von Panama bis Costa Rica auf einer Seehöhe von Meeresniveau bis 940 m Seehöhe. Alle Strömungsgeschwindigkeiten werden toleriert, ruhigere Bereiche werden jedoch bevorzugt. Hier werden vor allem felsige, kiesige und sandige Untergründe bewohnt und nach Nahrung abgesucht. Beide *Poeciliopsis*-Arten kamen in allen untersuchten Lebensräumen in mehreren Gruppen vor (Abb. 23).

Die momentan bekannten 1300 Arten der **Cichlidae** kommen im Süßwasser von Mittel- bis Südamerika, den Westindischen Inseln, Afrika, Madagaskar, Israel und Syrien sowie in Brack und küstennahen Meerwassern in Indien und Sri Lanka vor. Sie zählen zu den artenreichsten Wirbeltiertaxa und besitzen Größe und Aussehen betreffend eine sehr große Variabilität. Die maximale Körperlange beträgt 80 cm. Bunte Cichliden werden oft als Aquarienfische gehalten. 95 Artenkommen am Isthmus von Zentralamerika vor.

Cryptoheros sajica, ein häufiger Buntbarsch in den untersuchten Lebensräumen, ist in den Gewässern der Pazifikseite Costa Ricas endemisch. Der typische Lebensraum sind mittelschnell bis schnell fließende Flüsse von 23 – 30 °C mit felsigem bis kiesigem Untergrund bis auf 2000 m Seehöhe. Die maximale Körperlänge beträgt 8 - 9 cm, Weibchen sind etwas kleiner als Männchen. Als Nahrung dienen Algen, aquatische Insekten, Samen und Detritus.

Amphilophus diquis lebt im bentho-pelagischen Bereich der tropischen Bäche und Flüsse Zentralamerikas mit einer Temperatur von 23 bis 33°C und zwischen 16 bis 700 m Seehöhe. Aufgestaute Bereiche und Abschnitte mittlerer Strömungsgeschwindigkeit werden bevorzugt. *Amphilophus diquis* lebt auf Steinen, Kies und Sand und ernährt sich von Insekten, Samen und Früchten.

Tomocichla sieboldii kommt nur in Costa Rica und Panama vor. Hierbei handelt es sich um relativ große Fische, die bis ca. 25cm lang werden und im bentho-pelagischen Bereich von Süßwässern mit einer Temperatur von 24 bis 29°C leben. Moderate bis schnelle Strömung wird bevorzugt. Die Nahrung besteht bei Adulten aus Algen und Aufwuchs, bei Juvenilen aus aquatischen Insekten (Abb. 24).

Die Familie der **Mugilidae** ist weltweit in tropischen und subtropischen Regionen verbreitet und umfasst 80 Arten und 17 Gattungen. Meeräschen kommen an Meeresküsten, im Brackwasser und in Flüssen vor. Ihr

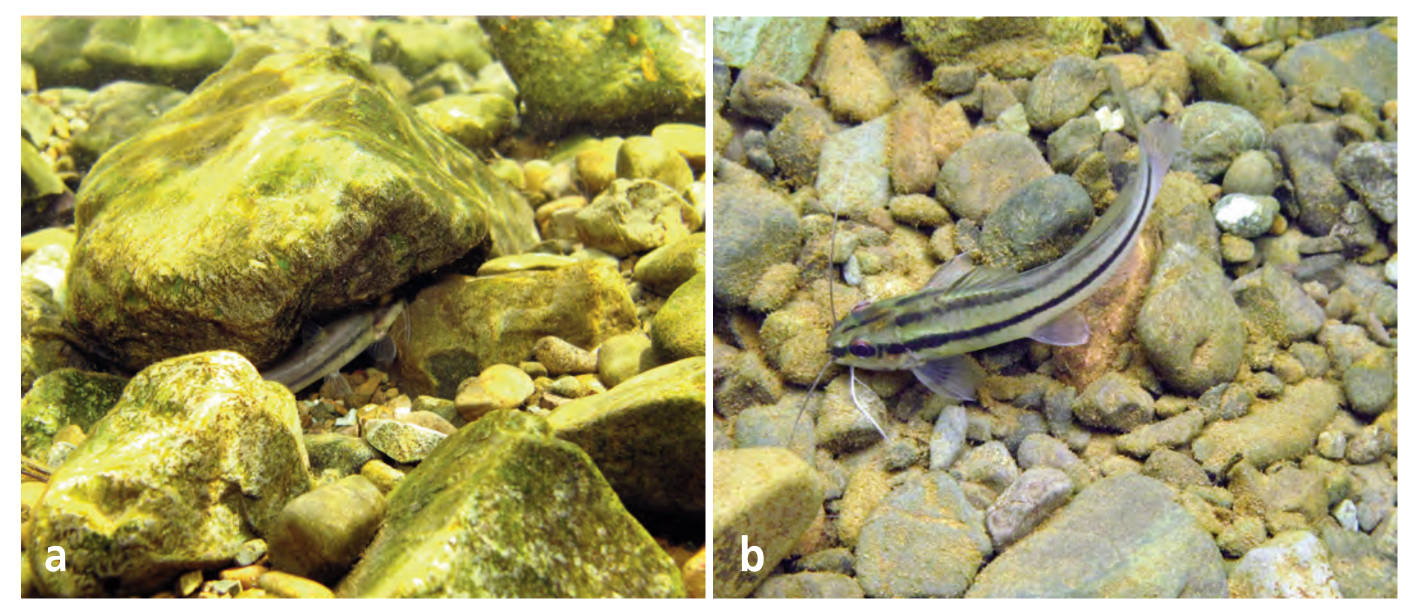


Abb. 21: Die in neotropischen Gewässern heimischen Welsartigen (Siluriformes) sind die Antennenwelse Pimelodidae mit dem seltenen, einzellebigen *Rhamdia guatemalensis* (**a**) und dem häufigen und geselligen *Pimelodella chagresi* (**b**).

Abb. 22: Die ebenfalls in der Neotropis vorkommenden Loricariidae sind eine weitere Familie aus der Ordnung der Welsartigen: *Hypostomus panamensis*, ist wegen seiner Größe (bis 30 cm) auffällig und bewohnt zum Beispiel typischerweise Sandsteinhöhlen im R. Sardinal (**a**, **b**; Foto: B. Pelster); *Rineloricaria uracantha* bleibt dagegen kleiner (**c**). Hier ist *R. uracantha* gemeinsam mit *Gobiesox potamius* aus der Familie der Gobiesocidae.

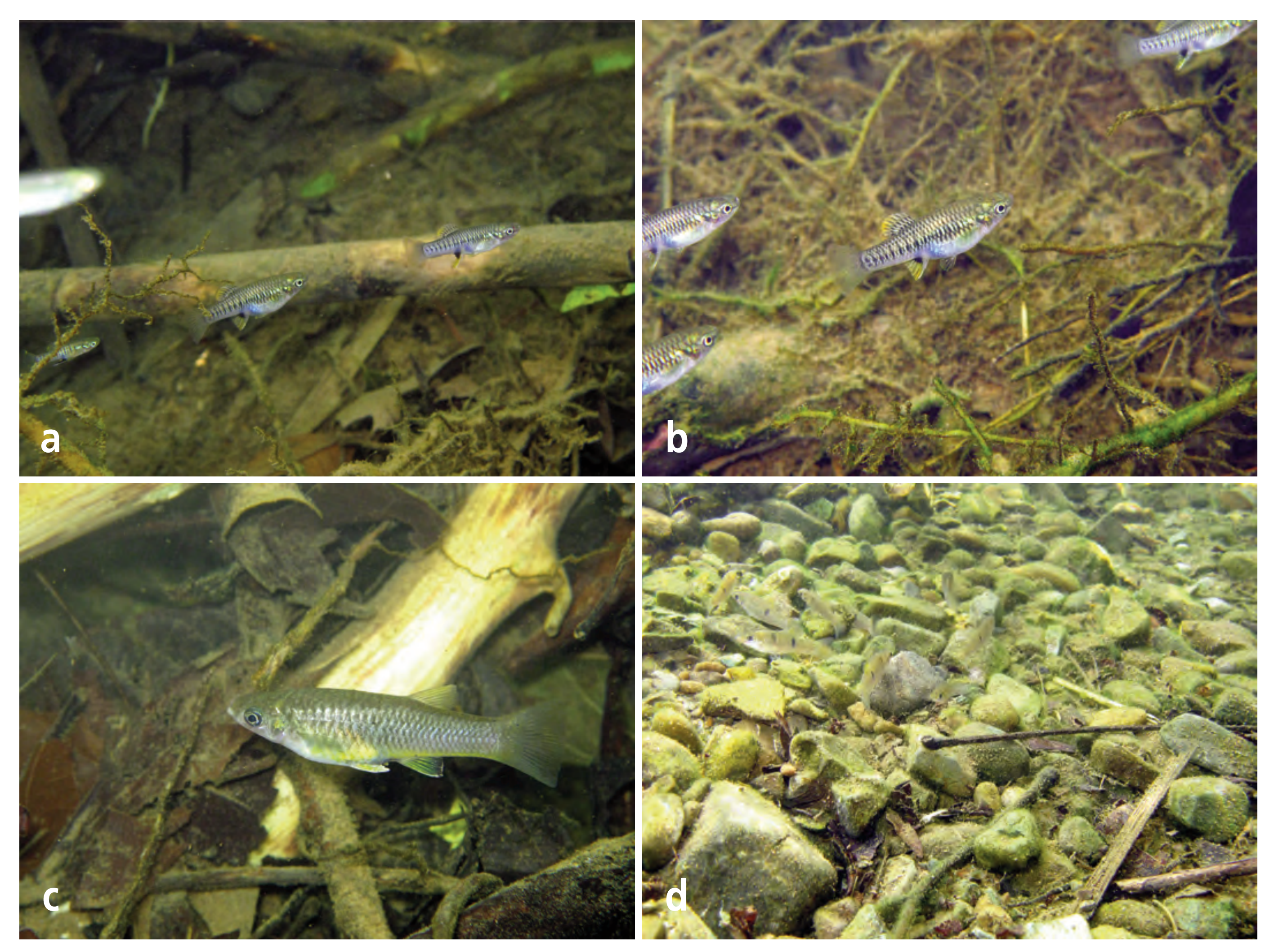


Abb. 23: Die Familie der Poeciliidae (Lebendgebärende Zahnkarpfen) ist mit einigen Arten stets vertreten: *Brachyrhaphis rhabdophora*, hier deutlich der Sexualdimorphismus zu sehen (**a**, **b**); *Poecilia gillii* (**c**) und *Poeciliopsis paucimaculata* (**d**).

länglicher Körper ist von Kammschuppen bedeckt. Sie haben zwei getrennte Rückenflossen von ungleicher Größe, einen abgeflachten Kopf mit endständigem Maul, eine oft sehr muskulöse Bauchseite.

Agonostomus monicola kommt von den subtropischen und tropischen Regionen der USA bis nach Südamerika vor. Es ist die einzige Art, die weit ins Landesinnere vordringt. Die bevorzugten Wassertemperaturen liegen zwischen 20 und 31 °C. Typisch sind der olivfarbene Rücken und der weiße Bauch, gelbliche Flossen, ein schwarzer Fleck auf der Schwanzbasis (v.a. bei jungen Individuen) und raue große Schuppen. Zum Laichen werden die Gewässer gewechselt, wobei adulte Tiere meist im Süßwasser (Flüsse u. Bäche) leben, zum Laichen jedoch ins Meer wandern, die Jungtiere dann im Brackwasser von Flussmündungen zu finden sind. *Agonostomus monicola* wurde im Q. Negra (2009) und im R. Bonito (2011, 2013) sowohl bei moderaten aber auch bei den stärksten Strömungsbedingungen beobachtet (Abb. 25).

Der Verbreitungsschwerpunkt der **Gobiidae** liegt in den subtropischen und tropischen Regionen wobei die meisten Arten im Salz- oder Brackwasser leben. Es gibt aber auch einige katadrome und auch ausschließlich im Süßwasser lebende Arten. Die meisten sind benthische Lauerjäger, die sich von Invertebraten ernähren. Charakteristisch sind der massige Kopf mit einem großen Mund, nach oben gerichtete Augen und die umgebildete Saugscheiben-ähnliche Brustflosse. Oft ist die Schwimmblase reduziert und viele Arten sind an eine benthische Lebensweise angepasst. Die Färbung ist meist unauffällig, auch die Pigmentierung kann fehlen.

Awaous transandeanus ist von Florida bis Peru verbreitet, wo schnellfließende Gewässerbereiche und Stromschnellen mit einer Temperatur von 23 – 24 °C bis zu einer Seehöhe von 300 m bewohnt werden. *Awaous transandeanus* kann eine Körperlänge von bis zu 30 cm erreichen, hat eine gelblich-grüne Körperoberseite mit schwarzen Flecken und eine weiße Bauchseite. Rücken- und Schwanzflossen sind transparent, die



Abb. 24: Die artenreiche Familie der Cichlidae kommt circumtropisch vor. In den Bächen im Regenwald der Österreicher sind häufig *Amphilophus diquis* (**a**), T*omocichla sieboldii* (**b,c**) und *Cryptoheros sajica* (**d**) anzutreffen. Letztgenannte Art beim Tanz.

Strahlen jedoch mit gelblichen und schwarzen Flecken gemustert. Als Nahrung werden filamentöse Algen, benthnische Invertebraten und Detritus genannt.

Sicydium salvini ist in Flüssen an der Pazifikküste zwischen Nicaragua und Panama beheimatet, wo sie vom Brackwasser in Meereshöhe bis ins Süßwasser auf 600 m Höhe vorkommt. Der Körperbau ist Grundel-typisch zylindrisch mit einer ausgebildeten Saugscheibe und einem nach unten gerichteten Maul. Die Farbe variiert zwischen grau und braun-grün. Die maximale Körperlänge beträgt 14 cm. Die Nahrung besteht aus Detritus, filamentösen Algen und benthischen Diatomeen. Im Untersuchungsgebiet kommt diese Art oft sehr gesellig sowohl in langsam strömenden Bereichen als auch in Schnellen vor (Abb. 26).

Die **Eleotridae** sind kleine Süßwasser-, See- und Brackwasserfische, gehören der Ordnung der Barschartigen (Perciformes) an und umfassen 35 Gattungen und 150 Arten. Die meisten Arten sind an tropischen Meeresküsten zu finden, haben sich aber auch zu reinen Süßwasserarten entwickelt. Ihr Körper ist zylindrisch und im Querschnitt rund. Das Maul ist meist oberständig.

Hemieleotris latifasciata kommt entlang der Pazifikseite von Zentral- bis Südamerika in Bächen und Flüssen mit moderater bis mäßiger Strömungsgeschwindigkeit und einer Temperatur von 25 – 30 °C vor. Die maximale Körperlänge beträgt 12 cm. Charakteristisch ist ein schwarzer Streifen, der sich entlang des ganzen Körpers zieht. Der Rücken ist meist grünlich-braun, der Bauch perlweiß. Die Flossen sind transparent. *Hemieleotris latifasciata* ernährt sich von aquatischen Insekten und ist oft unter Gestrüpp oder überhängender Ufervegetation zu finden. Im Untersuchungsgebiet konnte sie in allen Gewässern vorwiegend in den Gumpen nachgewiesen werden.

Gobiomorus maculatus kommt von Nord- bis Südamerika entlang der Pazifikküste in subtropischen und tropischen Gewässern mit einer Temperatur von 24 – 33

°C vor. Bewohnt werden der Grund von Flüssen, Bächen und Seen, aber auch Brackwasser bis zu einer Seehöhe von 115 m. Die maximale Körperlänge beträgt 27cm. Als Nahrung dienen Krebse und Fische. *Gobiomorus maculatus* wurde im Q. Bolsa nachgewiesen (Abb. 27).

Die **Gobiesocidae** sind eine Familie aus der Gruppe der Barschverwandten (Percomorpha), zu der 36 Gattungen und 161 Arten gezählt werden. Sie sind im Pazifik, im Indischen Ozean und im Atlantik beheimatet, wobei es aber auch Süßwasserarten gibt. Schildfische haben eine große Ähnlichkeit mit Grundeln: auch sie besitzen zu Saugscheiben umgewandelte Bauchflossen, und die Schwimmblase fehlt. Die Haut hat keine Schuppen, ist aber mit einer dicken Schleimschicht bedeckt. Schildfische bewohnen flache Gewässer mit felsigem Untergrund, Seegraswiesen, manchmal auch Korallenriffe.

Gobiesox potamius bewohnt den bentho-pelagialen Bereich von pazifik-seitigen Gewässern in Zentralamerika mit einer Temperatur von 25 bis 30°C und einer Seehöhe von 0 – 140 m. Die maximale Körperlänge beträgt 8 cm. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Crustaceae, aquatische Insekten und Fischschuppen (Abb. 28).

Die Familie der Lebiasinidae besteht aus sechs Gattungen mit 54 Arten (BUSSING 2002), die kleinwüchsig und schlank sind. Sie kommen in langsam fließenden und stehenden Oberflächengewässern mit Makrophyten und reicher Struktur vor.

Piabucina boruca kommt in Bächen und wasserführenden Gräben vor, in langsam bis moderat fließenden Abschnitten. Sein Verbreitungsgebiet umfasst den Südwesten Costa Ricas, zwischen Río General und den Rio Coto und einer Seehöhe zwischen 10 und 1000 m und einem Temperaturbereich zwischen 23 und 29 °C. Der flinke und aktive Fisch ernährt sich vorwiegend von terrestrischen Insekten (Anflug) (Abb. 28, 29) (Tab. 7).

Die Lebensraumnutzung der Fischarten und ihre mögliche trophische Rolle in den untersuchten Bächen

Die verschiedenen Fangmethoden ergaben einen Nachweis von 23 Fischarten, die 9 Familien angehören und verschiedene Lebensräume innerhalb der Untersuchungsstrecken unterschiedlich stark frequentierten (Tab. 7, 8).

Die vorkommenden Vertreter der Buntbarsche, Welse und Grundeln waren alle eher am Gewässergrund zu finden und waren zumindest untertags bestrebt, in der Nähe eines Unterstands zu bleiben. Nur eine Buntbarschart, *Archocentrus sajica*, war auch ohne Deckungsmöglichkeit aufzufinden. Während die Vertreter der Grundeln und Welse stets mit dem Substrat in Kontakt waren oder auf dem Boden beziehungsweise der Steilwand ruhten, schwammen die Buntbarsche knapp über dem Substrat und stöberten darin nach Fressbarem. Diese Cichliden waren in den von uns observierten Fließgewässern die einzigen Fische mit territorialem Verhalten, besonders jene Exemplare, die gerade Brutpflege betrieben. Die beiden vorkommenden Arten der Antennenwelse (Pimelodidae), *Pimelodella chagresi* und *Rhamdia guatemalensis*, zeigten deutliches Schwarmverhalten, wobei es dabei auch zu interspezifischer Schwarmbildung kam. Diese Schwärme waren meist unter Totholz oder in einer Ansammlung von organischem Material an der tiefsten Stelle des Pools zu finden. Auch Salmler und Zahnkärpflinge waren in lockeren Schwärmen anzutreffen. Salmler waren dabei eher in der Freiwasserzone zu beobachten, während die Zahnkärpflinge hauptsächlich in Flachwasserzonen von wenigen Zentimetern Tiefe oder entlang von Steilwänden an der Oberfläche vorkamen. Auch bei den Zahnkärpflingen vermischten sich die Arten zu interspezifischen Schwärmen, vor allem aber *Poeciliopsis paucimaculata* und *Poeciliopsis retropinna*.

Bis auf *Gobiesox potamius* waren alle Arten in strömungsarmen Pools mit kiesigem Untergrund und relativ hohem Anteil an organischem Material zu finden. Mit steigender Strömung sinkt die Anzahl der gefundenen Arten von 23 Arten in den Pools auf 13 Arten in den Runs und 11 Arten in den Riffles. Dabei scheinen jedoch *Gobiesox potamius, Sicydium salvini* und *Agnostomus monticola* besonders strömungsreiche Abschnitte zu bevorzugen, da deren Anteil in diesen Abschnitten stark ansteigt. So verschiebt sich das Verhältnis der Arten in den stärker durchströmten Bereichen und es kommt auch zu einer Umstrukturierung in Bezug auf die vertikale Verteilung.

Kamen in den Pools Salmler vorwiegend im Freiwasser vor, beschränken sie sich in Riffles auf die weniger bewegten Randzonen. Die starke Strömung des Freiwassers wird hier von *Agnostomus monticola* besiedelt. Ebenfalls in die weniger bewegte Randzone wandern die Vertreter der Buntbarsche und Zahnkärpflinge ab. Der Gewässergrund wird in Riffles von Grundeln der Art *Sicydium salvini* und *Gobiesox potamius* eingenommen. Durch Totholz strömungsberuhigte und beschattet Bereiche weisen eine deutlich höhere Zahl an Salmlern und Buntbarschen auf, die in diesem Bereich Deckung suchen.

Auch in den Untersuchungszeiträumen Februar 2011 und Februar 2013 wurden qualitative (schnorchelnd und Fotonachweise) und semiquantitative Aufnahmen (Transekte in Pool- und Riffle-Habitaten) in Quebrada Negra (nur Pools), Rio Bonita, Quebrada Bolsa und Rio Sardinal durchgeführt.

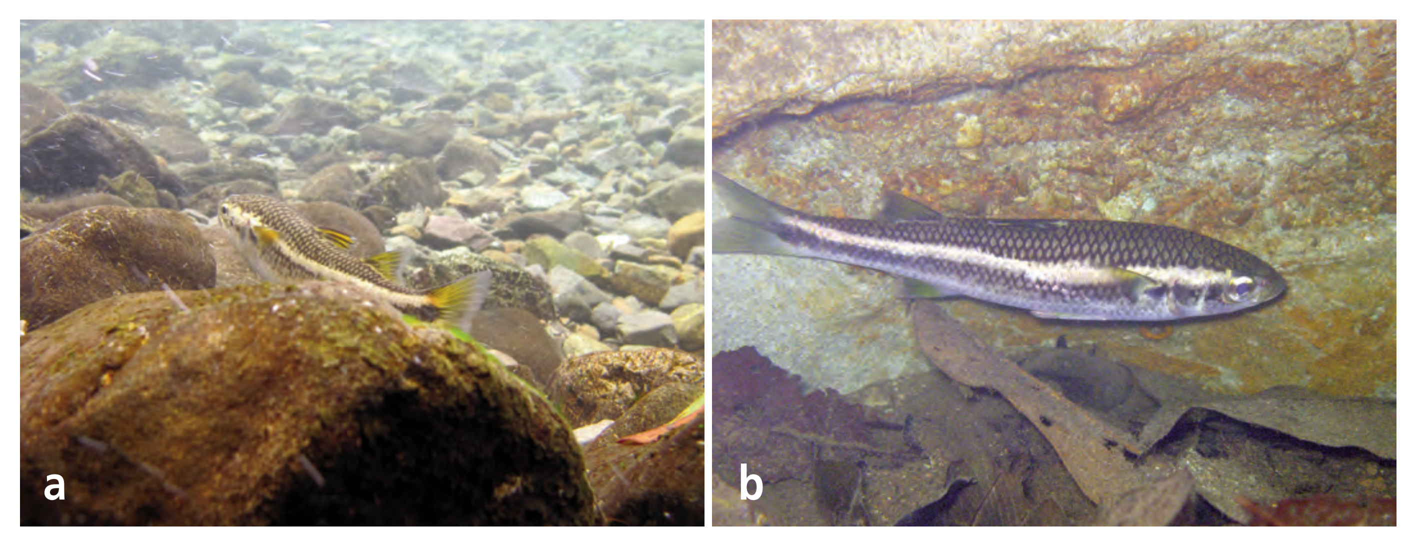


Abb. 25: Die Familie der Meeräschen (Mugilidae) hat ihre Hauptverbreitung im Meer. In den Flüssen und Bächen Costa Ricas kommt nur *Agonostomus monicola* vor (**a**,**b**; Foto: B. Pelster).

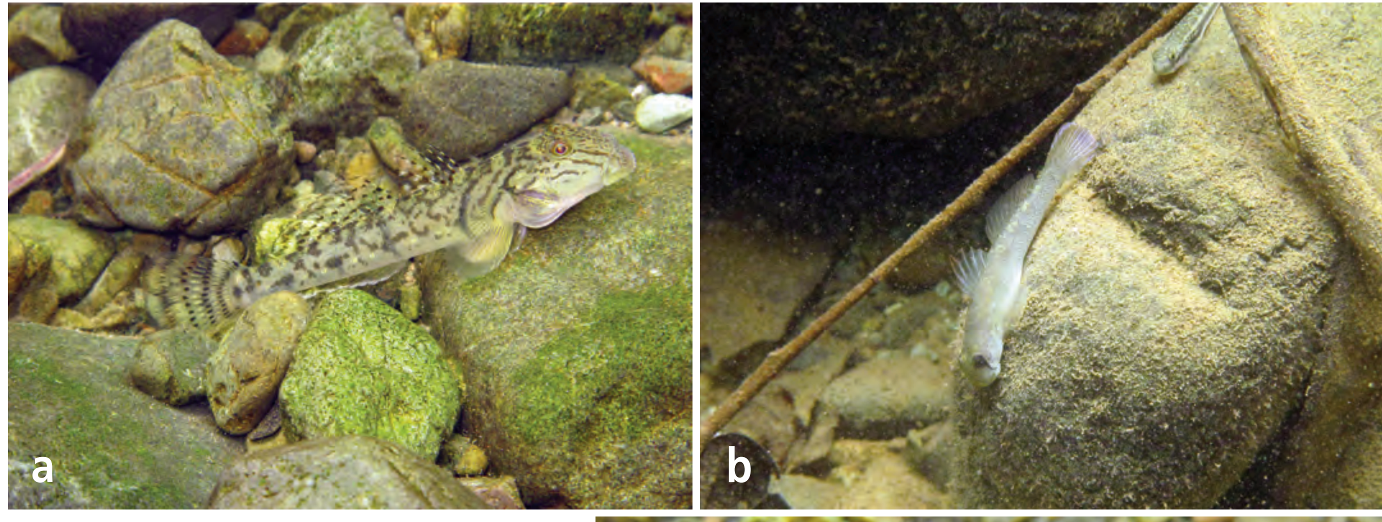




Abb. 26: Die Vertreter der Gobiidae konnten in den Bächen selbst in stark strömenden Bereichen häufig angetroffen werden: *Awaous transandeanus* hier mit Drohgebärde (**a**), und der relativ häufige *Sicydium salvini* (**b**,**c**).

Die semiquantitative Aufnahmen ergaben für den Q. Negra, die aus Zeitgründen und wegen geringer Wasserführung nur in Pools durchgeführt wurden, 8 Arten aus 4 Familien: *Astyanax aenaeus* und *Hyphessobrycon panamensis* (Familie Characidae); *Rhamdia guatemalensis* und *Pimelodella chagresi* (Familie Pimelodidae); *Poeciliopsis retropinna* (Familie Poeciliidae); sowie *Amphilophus diquis*, *Cryptoheros sajica* und *Tomocichla sieboldii* (Familie Cichlidae). *Astyanax aenaeus* ist die häufigste Art. *Pimelodella chagresi* und *Poeciliopsis retropinna* waren häufig in den Pools zu finden, während sie zusammen mit *Rhamdia guatemalensis* nur vereinzelt bis gering in Pool 2 gesichtet wurden.

Auch im Rio Bonito ist *Astyanax aenaeus* die am häufigsten vorkommende Art (sowohl in Pools also auch in Riffles). Allerdings ist deren Häufigkeit in den



Abb. 27: Innerhalb der Familie Eleotridae wurden zwei Arten nachgewiesen: *Gobiomorus maculatus* (**a**) (Foto: Bernd Pelster) und *Hemieleotris latifasciata* (**b**).

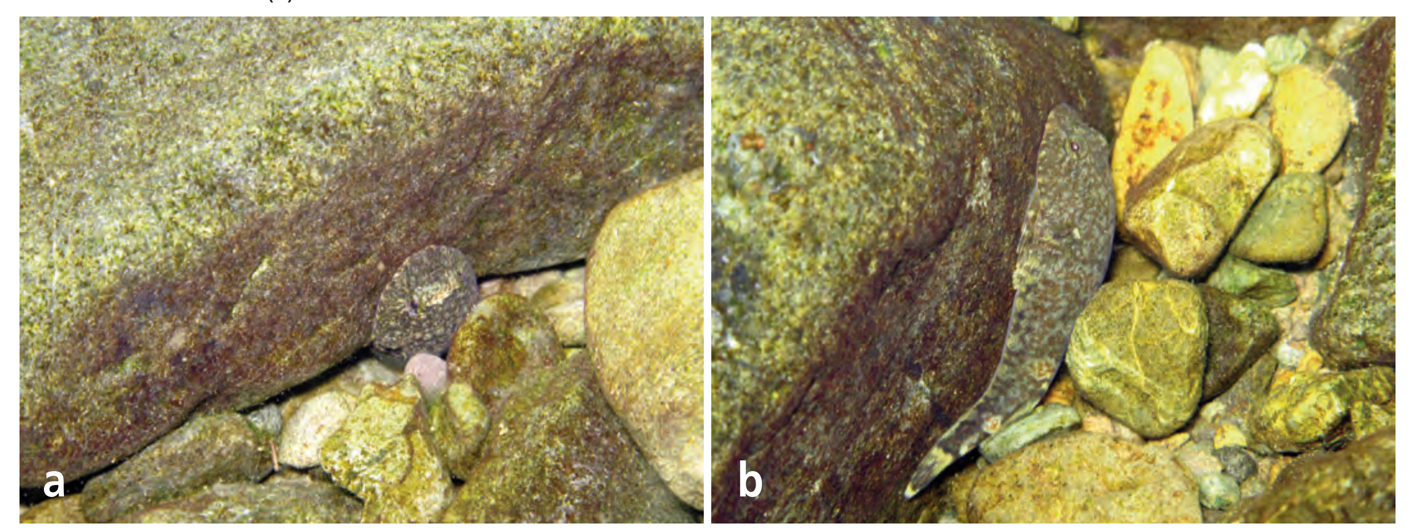


Abb. 28: Eine Besonderheit stellt auch die Familie der Gobiesocidae dar. Die flache und kegelförmige Körpergestalt ermöglicht *Gobiesox potamius* (**a**,**b**) das Verweilen in stärksten Strömungen, wie hier im R. Bonito.



Abb. 29: Einzige Art der Lebiasinidae im Untersuchungsgebiet ist *Piabucina boruca*.

strömungsstärkeren Riffles deutlich niedriger. Für *Brycon behreae* ist die Beobachtung ähnlich, einzig in den Pools kommt diese Art etwas weniger häufig als *Astyanax aenaeus* vor. Die Art *Sicydium salvini* ist auch in Pool und Riffle häufig vertreten. Vereinzelt kommen sowohl die Loricariidae *Rineloricaria uracantha*, die Poeciliidae *Poeciliopsis paucimaculata* und *Poecilipsis retropinna*, sowie die Cichlidae *Amphilophus diquis*, *Cryptoheros sajica* und *Tomocichla sieboldii* vor. Gelegentlich war auch *Agonostomus monicola* (Mugilidae) gesichtet worden, die möglicherweise wegen ihres raschen Schwimmverhaltens in den stark strömenden Bereichen unterschätzt wurde oder überhaupt unentdeckt blieb (Tab. 9).

Im Quebrada Bolsa sind einige Unterschiede zu den ersten beiden Standorten festzustellen, besonders wenn man die Ergebnisse aus den Aufnahmen 2013 betrachtet. Die Artenzahl, sowie die Häufigkeiten einzelner Arten sind deutlich geringer. Eine Ausnahme dürfte *Sicydium salvini* darstellen, die sich vielleicht mit ihrem

Saugnapf im strömungsstärkeren Bolsa behaupten kann. Wiederum zeigt sich, dass *Astyanax aenaeus* eine sehr verbreitete Art in diesen Gewässern darstellt.

Ähnliches gilt für den Rio Sardinal. Aufgrund der stärkeren Strömungsverhältnisse kommen bei einer zwar höheren Artenzahl (während einer Transektbeobachtung konnten 14 Arten gezählt werden), die meisten nur vereinzelt in den untersuchten Habitaten vor. Das gilt wiederum für die Aufnahmen 2013.

Bei den nachgewiesenen Arten der Characidae ist eine gewisse Präferenz für die Pools erkennbar. *Astyanax aenaeus* und *Brycon behreae* kommen in allen Lebensräumen mit gleicher Dichte vor, die beiden *Hyphessobrycon-* Arten überwiegen jedoch in den Pools.

Aus der Familie der Poeciliidae konnten insgesamt drei Arten nachgewiesen werden, wobei lediglich die beiden Arten *P. paucimaculata* und *P. retropinna* in allen Gewässern vorkamen. Es ist auch bei den Poeciliidae eine Präferenz für die Pools erkennbar. Hohe Dichten über 50 Individuen konnten im Rio Bonito festgestellt werden.

Cichlidaen konnten in allen Flüssen nachgewiesen werden. Im R. Bonito kamen besonders häufig *Amphilophus lyonsi* und *Tomocichla sieboldii* vor und auch einige Cryptoheros sajica. Auch im R. Sardinal waren diese Cichlidae mit der weiteren Art *Archocentrus nigrofasciatus* vergesellschaftet.

Aus der Familie der Pimelodidae konnten insgesamt zwei Arten nachgewiesen werden. *Pimelodella chagresi* wurde in den strömungsberuhigten Pools im Río Bonito gefunden, in den Schnellen konnte sie nicht nachgewiesen werden. Im Q. Sardinal und Q. Negra kommt zu *Pimelodella chagresi* noch *Rhamdia guatemalensis* hinzu. Hier sind beide Arten recht häufig, gemeinsam aber nur in den Pools vertreten. Im Q. Bolsa ist *Pimelodella chagresi* vorwiegend in den Pools zu finden, nur in geringer Anzahl, ein einziges Exemplar wurde im Riffle festgestellt.

Beide Gobiidae-Arten konnten an allen Probenstellen nachgewiesen werden, außer Q. Negra im Jahr 2013 und im Q. Bolsa, wo nur *Sicydium salvini* vorkam. Diese Art erreichte in R. Bonito, Q. Bolsa und R. Sardinal eine deutlich hohe Individuenzahl. *Awaous transandeanus* konnte in mittlerer Dichte in einem Pool des Quebrada Sardinal nachgewiesen werden, nicht jedoch am Quebrada La Bolsa. Im Rio Bonito trat diese Art in beiden Riffles sehr häufig auf, in den Pools fehlte sie dort jedoch ebenfalls oder trat nur vereinzelt auf. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt deutlich bei den Riffles, dies entspricht auch den morphologischen Anpassungen dieser Fische.

Eine der beiden Arten der Loricariidae konnten entweder nur im Quebrada Sardinal oder im Rio Bonito nachgewiesen werden. Im Q. Sardinal konnten in einem Pool vereinzelte Exemplare von *Hypostomus panamensis* gefunden werden, während *Rineloricaria uracantha* mit nur wenigen Individuen in einem Pool im Rio Bonito nachgewiesen wurde.

Auch die Familie Eleotridae ist mit zwei Arten repräsentiert. *Gobiomorus maculatus* kam am Q. Bolsa vor, *Hemieleotris latisfasciata* mit einigen Exemplaren im R. Bonito, Q. Bolsa und R. Sardinal.

Agonostomus monticola, der einzige Vertreter der Mugilidae (Meeräschen) konnte nur im Rio Bonito festgestellt werden. Dort war die Art sowohl in den Riffles als auch in den Pools vertreten. Außer in einem der Pools, erreichte die Dichte jedoch nie über 10 Fische.

Die Ergebnisse lassen gut erkennen, dass die Fische entsprechend ihrer ökologischen Anpassungen verteilt sind. So sind die Gobiidae vorwiegend auf die Riffles beschränkt, während die meisten Characidae die strömungsberuhigten Pools als ihr Habitat bevorzugen. Generell betrachtet gibt es kaum Unterschiede in der Artenzusammensetzung der untersuchten Fließgewässer, die beiden Habitattypen Pools und Riffles unterscheiden sich jedoch.

Das Vorkommen der Meeräsche ist auf den Rio Bonito als Fluss zweiter Ordnung und somit größten der von uns untersuchten Flüsse beschränkt. In 2009 wurde sie auch im Q. Negra nachgewiesen. Der Rio Bonito war gleichzeitig auch der Fluss mit der höchsten Individuendichte der Fischfauna, was möglicherweise mit seiner Größe zusammenhängt. Auffällig ist auch das Vorkommen von Arten in den Riffles des Rio Bonito, die sonst nur in Pools beobachtet werden konnten, was sich mit den Faktoren wie Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit erklären lässt. Ähnliche überraschende Ergebnisse ergaben sich bei den Süßwasserkrebsen. Auch bei den Süßwassergarnelen stellen die Schnellen im R. Bonito einen besonderen Lebensraum dar, wo sogar drei Arten aus zwei Familien vorkommen.

Die Fischfauna tropischer Gewässer ist auch hinsichtlich ihres Nahrungsspektrums äußerst divers. So sind für einen tropischen Bach normalerweise detritivore, fructivore, herbivore, insectivore, piscivore und omnivore Arten festzustellen. Es kommen aber auch Spezialisten vor, die einen besonderen Nahrungserwerb entwickelt haben, wie zum Beispiel Schuppenfresser.

Durch das Setzen von unterschiedlich beköderten Reusen konnten wir zumindest ansatzweise eine bestimmte Affinität zu unterschiedlicher Nahrung feststellen. In den betrachteten Fischgesellschaften schei-

Tab. 7: Fischarten in den Bächen und Flüssen im Regenwald der Österreicher (Nationalpark Piedras Blancas, Costa Rica).

Taxa	Merkmale	Lebensraum	Nahrung
Fam. Characidae			
Astyanax aeneus	Körper seitlich zusammengedrückt und etwas hochrückig; Bauch und Flanken silbrig grau, Rücken grünlich braun; schwarzer Fleck an Schwanzwurzel, der sich auch in die Schwanzflosse zieht; Flossen meist transparent, Brust-, Bauch und Analflosse manchmal leicht orange gefärbt. Weibchen bis 12 cm, Männchen kleiner	bewohnt sowohl stehende Pools als auch stark durchströmte Fließstrecken; kommt von Brackwasserzonen auf Meeresniveau bis auf 1000 Meter Seehöhe vor; bevorzugt kein spezielles Substrat; toleriert Temperaturen zwischen 20 und 37°C	Algen, Früchte, Blätter, aquatische Insekten, Anflug, Fischlaich und Fischbrut
Brycon behreae	Bauchseite silbrig, Rücken grau-grün gefärbt; schwarzer Fleck an Schwanzwurzel, der sich bis in die Strahlen der Schwanzflosse fortsetzt; adulte Tiere mit „Nase" an der Kopfspitze über dem Maul. 26 cm Länge, Berichten zufolge Größe bis 40 cm möglich	lebt in Fließgewässern mit mittlerer bis starker Fließgeschwindigkeit und kiesigem Substrat von 10 bis 640 Meter Seehöhe; bevorzugt Temperaturbereiche von 21 bis 29°C	gilt als omnivor, scheint aber dabei pflanzliche Kost wie Früchte, Samen, Blüten und Blätter zu bevorzugen
Hyphessobrycon savagei	Körper seitlich stark zusammengedrückt, oberständiges Maul, die ersten Flossenstrahlen aller Flossen sind gelblich orange gefärbt. Größe 3,7 cm	kommt in kleineren Fließgewässern bis 70 Meter Seehöhe vor, bevorzugt ruhigere Gewässerabschnitte mit 24 bis 30°C und kiesigen Untergrund; bentho-	pelagisch omnivor, bevorzugt jedoch pflanzliche Kost und Anflug
Pterobrycon myrnae	Körper schlank, Flossen gelb bis hell orange gefärbt; oberständiges Maul; Männchen mit flossenähnlichen verlängerten Schuppen an der vorderen Flanke. Größe: 4 cm	kommt in oberflächennahen Bereichen von Flüssen mit mittlerer bis starker Fließgeschwindigkeit zwischen 10 und 80 Meter Seehöhe vor, toleriert Temperaturen von 25 bis 30°C	insektivor
Roeboides ilseae	Körper stark zusammengedrückt; Flanken, Bauch und Rücken silbrig, ein schwarzer Fleck an der Schwanzwurzel und ein weiterer ca. augengroßer schwarzer Fleck an der in der Körpermitte auf Höhe des Ansatzes der Analflosse; Maul oberständig, Unterkiefer bis nach außen hin bezahnt. Größe: 12,5 cm	in beruhigten Zonen von Fließgewässern zwischen 10 und 660 Meter Seehöhe zwischen 28 und 30°C	aquatische und terrestrische Insekten
Fam. Poeciliidae			
Brachyraphis rhabdophora	typische Gestalt eines Zahnkärpflings mit konvexer Schwanzflosse; Männchen wesentlich kleiner als Weibchen und Körper gebändert; Weibchen weisen keine Körpermusterung auf, Rücken- und Afterflosse können jedoch fleckig pigmentiert sein Größe: 6 cm	in langsam fließenden Gewässerabschnitten zwischen 0 bis 1220 Meter Seehöhe und 19 bis 34°C	insektivor
Poecilia gillii	Körper gedrungener und Kopf langgezogener als bei den anderen vorkommenden Arten unter den Zahnkärpflingen; Schwanzstiel breit auslaufend Größe: W bis 10,5 cm, M 6 cm	in beruhigten Zonen von Fließgewässern bis in 1220 Meter Seehöhe; toleriert 19 bis 37°C	benthopelagisch detrivor
Poeciliopsis paucimaculata	Körper mit ein bis 3 ovalen schwarzen Flecken, Schwanzflosse konvex, Flossen transparent. Größe: 4 cm	bewohnt Fließgewässer und bevorzugt Uferzonen stark durchströmter Bereiche; kommt in Seehöhen von 20 bis 940 Meter vor und toleriert 21 bis 28°C	detrivor
Poeciliopsis retropinna	Körper gräulich gefärbt, ohne Zeichnung, Flossen transparent, Schwanzflosse konvex Größe: 7,5 cm	in beruhigten Zonen von Fließgewässern mit kiesig sandigem Grund; toleriert 21 bis 29°C und kommt bis 940 Meter Seehöhe vor	ernährt sich von Algen und Detritus
Fam. Cichlidae			
Amphilophus diquis	spitzer Kopf, schwarzes Längsband von sieben hellen Querbändern unterbrochen Größe: 15 cm	lebt in langsam fließenden Gewässern mit kiesig-sandigem Grund bei 26 bis 29°C bis 200 Meter Seehöhe	aquatische Insekten
Cryptoheros sajica	Körper gebändert, häufig in Blau- und Violetttönen, vor allem im Brutgeschäft Schwanz- und Rückenflossen mit hellen schimmernden Akzenten Größe: M bis 9 cm, W 7 cm	Fließgewässer mit starker Strömung, wobei als Standort beruhigte Bereiche bevorzugt werden; kommt bis 680 Meter Seehöhe vor und hält sich bei Wassertemperaturen zwischen 25 und 30°C auf	Algenaufwuchs, Früchte, Samen, aquatische Insekten

Tab. 7: Fortsetzung

Taxa	Merkmale	Lebensraum	Nahrung
Fam. Cichlidae (Forts.)			
Tomocichla sieboldii	charakteristisch sind die brillenartigen Augenbinden Größe: 25 cm	Gewässer mit durchschnittlicher bis hoher Fließgeschwindigkeit zwischen 24 und 29°C; kommt von 10 bis 840 Meter Seehöhe vor	hauptsächlich pflanzliche Kost wie Algen und Früchte
Fam. Pimelodidae			
Pimelodella chagresi	intensiv schwarze Streifen entlang des Rücken und der Flanken Größe: 11 cm	mäßig stark fließende Bäche mit einer Temperatur zwischen 22 und 29°C auf einer Seehöhe von 20 bis 660 Meter;	hauptsächlich aquatische Insekten, bevorzugt Dipterenlarven
Rhamdia guatemalensis	intensiv schwarze Streifen an den Flanken, dem Rücken entlang nur schwach grau gefärbt Größe: 27 cm	in Seen und Flüssen mit leichter Strömung über sandigem Grund mit Falllaub; kommt bis zu einer Seehöhe von 680 Meter bei Temperaturen von 22 bis 28°C vor	ernährt sich räuberisch von Wasserinsekten, Krebstieren und Fisch
Fam. Loricaridae			
Hypostomus panamensis	klassische keulenförmige Gestalt der Harnischwelse mit ausgeprägtem unterständigem Maul Größe: 33 cm	Flüsse und Bäche mit geringer Fließgeschwindigkeit, hauptsächlich auf Steinen und Holz; kommt bei Temperaturen zwischen 24 und 29°C und in einer Seehöhe zwischen 20 und 560 Meter vor ernährt sich von Algenaufwuchs und den	darin enthaltenen Organismen
Rineloricarica uracantha	schmaler, dünn auslaufender Körper; heterozerke Schwanzflosse Größe: 16,5 cm	in langsam fließenden Bächen mit einer Temperatur bis zu 29°C zwischen 20 und 160 Meter Seehöhe	Algen und Detritus
Fam. Eleotridae			
Gobiomorus maculatus	langer spindelförmiger Körper, Kopf konkav eingebuchtet, großes Maul Größe: 27 cm	lebt in Flüssen und Seen bis 115 Meter Seehöhe bei Temperaturen zwischen 24 und 30°C	ernährt sich räuberisch von Fischen und Krebstieren
Hemieleotris latifasciatus	lang gestreckter Körper; am Rücken und seitl. olivgrün, durchzogen von einem schwarzen Band von der Kopfspitze bis zur Schwanzwurzel, Bauch weiß Größe: 12 cm	kommt bis 100 Meter Seehöhe bei 25 bis 30°C in Bodennähe vor	insektivor
Fam. Gobiidae			
Awaous transandeanus	von anderen Grundelarten durch transparente Flossen und Körpergröße zu unterscheiden Größe: 20 cm	klare sauerstoffreiche Flüsse bis 120 Meter Seehöhe und zwischen 25 und 31°C	Algen
Sicydium salvini	Flossen pigmentiert, vordere Rückenflosse oft sehr lang und ausgefranst Größe: 11 cm	in stark durchströmten Bereichen mit felsigem oder grob kiesigem Grund bis 660 Meter Seehöhe und einer Temperatur von 21 bis 31°C	Algenaufwuchs mit darin enthaltenen Organismen
Fam. Lebiasinidae			
Piabucina boruca	großer Salmler mit auffallenden rot gepunkteten Seitenlinien Größe: 14 cm	beruhigte Bereich von Fließgewässern bis zu 1000 Meter über Meeresniveau und Temperaturen zwischen 23 und 29°C	ernährt sich von Anflug
Fam. Trichomycteridae			
Trichomycterus striatus	kurze Barteln, schmerlenartiges Aussehen Größe: 12 cm	Bäche mittlerer Fließ-geschwindigkeit mit Temperaturen um 28°C; kommt bis auf 1200 Meter Seehöhe vor	aquatische Insekten
Fam. Gobiesocidae			
Gobiesox potamius	keulenförmiger Körper mit sehr großem Kopf Größe: 8 cm	stark durchströmte Flussabschnitte mit groben Kies und Schotter bis auf 140 Meter Seehöhe; bevorzugt Temperaturen zwischen 25 und 30°C	aquatische Insekten, Krebstiere, Fischlaich
Fam. Mogulidae			
Agonostomus monticola	langgestreckter Körper mit großem endständigem Maul, Schwanzflosse gegabelt, Rücken grau, Flanken auffällig silbrig, Bauchseite hell. Körperlänge bis 30 cm	Langsam bis stark durchströmte Flussabschnitte in Meereshöhe bis 650 Meter Seehöhe; katadrome Art, die Adulti wandern ins Meer zum Laichen	Algen und Makrozoobenthos

Tab. 8: Die Fischarten und deren bevorzugter Aufenthaltsort innerhalb des Wasserkörpers.

Familie	**Art**	**Riffle**	**Run**	**Pool**	**Gewässer-grund**	**Frei-wasser**	**Ober-fläche**	**Flach-wasser**	**Revier-verhalten**	**Schwarm-verhalten**	**Deckungs-suchend**
Characidae	*Astyanax aeneus*	x	x	x		x		x		x	
	Brycon behreae			x		x				x	
	Hyphessobrycon savagei	x	x	x		x	x	x		x	
	Pterobrycon myrnae			x		x	x			x	
	Roeboides ilseae		x	x		x				x	
Poeciliidae	*Brachyraphis rhabdophora*	x	x	x			x	x		x	
	Poecilia gillii			x			x	x		x	
	Poeciliopsis paucimaculata	x	x	x			x	x		x	
	Poeciliopsis retropinna	x	x	x			x	x		x	
Cichlidae	*Amphilophus lyonsi*			x	x				x		x
	Archocentrus sajica	x	x	x	x			x	x		
	Tomocichla sieboldii	x	x	x	x			x	x		x
Pimelodidae	*Pimelodella chagresi*			x	x					x	x
	Rhamdia guatemalensis	x		x	x					x	x
Loricaridae	*Hypostomus panamensis*			x	x						x
	Rineloricarica uracantha		x	x	x						x
	Trichomycterus striatus			x	x						x
Gobiidae	*Awaous transandeanus*		x	x	x						x
	Sicydium salvini	x	x	x	x						x
Lebiasinidae	*Piabucina boruca*			x		x					
Eleotridae	*Hemieleotris latifasciatus*		x	x	x						
Gobiesocidae	*Gobiesox potamius*	x			x						x
Mogulidae	*Agonostomus monticola*	x	x	x		x					

nen die einzelnen Arten vorwiegend fructivor beziehungsweise omnivor zu sein (vgl. Abbildung 21). *Hyphessobrycon savagei*, *Brycon behreae*, *Piabucina boruca* und *Hypostomus panamensis* konnten ausschließlich mit Obst gefangen werden, *Archocentrus sajica* zeigte sich omnivor. *Gobiomorus maculatus*, einer der Top-Prädatoren unter den Fischen, wurde auch mit einer mit Fisch bestückten Reuse gefangen. Das gefangen Individuum nach hatte nach seinem Aufenthalt in der Reuse zwei Stück *Hyphessobrycon savagei* erbrochen. Die Auswertung der Nahrungspräferenz ergab eine Bevorzugung von Obst als erfolgreichster Köder.

Um die bevorzugte Nahrung im Vorfeld zu eruieren, ist eine gute Literaturrecherche oder ein Futtertest hilfreich. Beim Futtertest können die zur Wahl stehenden Futtermittel von Land aus oder beim Schnorcheln den Fischen angeboten und deren Reaktion darauf beobachtet werden. Wir führten auch spezielle Futtertests durch, bei denen den Tieren von Land aus oder beim Schnorcheln unterschiedliches Futter angeboten wurde. Beim Test im Rio Bonito wo in einem Pool ein Schwarm *Brycon behreae* vorkam, wurde den Tieren zuerst Fischstücke angeboten, die sie kaum interessierten. Ein Stück Banane war deutlich attraktiver und wurde sofort aufgefressen.

Derartige Nahrungspräferenzen wurden auch beim Reusenversuch nachgewiesen. Anfangs setzten wir die sechs zur Verfügung stehenden Reusen in sechs unterschiedliche Pools und bestückten sie zuerst mit Brot, danach mit Obst und dann mit Fischstücken. Um aber auszutesten, welcher Köder die stärkste Anziehungskraft bei gleichzeitigem Angebot hat, suchten wir zwei Pools aus, in denen wir je drei Reusen setzten und diese mit den drei unterschiedlichen Ködern bestückten. Als Nahrung sehr begehrt war Banane, vermutlich wegen des intensiven Geruchs aber auch weil die Fische Fruchteintrag in das Gewässer gewohnt sind und Früchte ein Bestandteil des natürlichen Nahrungsspektrums sind. Auch mit Brot konnten Fangerfolge erzielt werden, jedoch in einer kleineren Individuenzahl. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass sich Brot schnell aufweicht und lockende Duft- und Geschmacksstoffe ausgeschwemmt werden, wodurch es als Köder seine Attraktivität nach kurzer Zeit verliert. Fischstücke waren nur für die Arten *Gobiomorus maculatus*, *Archocentrus sajica*, *Pimelodella chagresi* und *Poeciliopsis retropinna* attraktiv. Bei *Gobiomorus maculatus* ist das eine Bestätigung dafür, dass es sich dabei um einen Top-Prädator unter den Fischen handelt. Auch für *Archocentrus sajica* und *Pimelodella chagresi* ist diese Ernährungsweise passend, sie werden in der Literatur als omnivor beschrieben. Nur *Poeciliopsis retropinna* war ein überraschender Fang. In der Literatur als detrivor beschrieben, geht dieser Zahnkärpfling offenbar auch auf Aas. Manche Fischarten konnten mit den Reusen gar nicht gefangen werden. Dies hängt vermutlich damit zusammen,

Tab. 9: Die nachgewiesenen Fischarten in den Jahren 2011 und 2013 sowie ihre Häufigkeiten in den untersuchten Habitaten.

	Q. Negra	R. Bonito		Q. Bolsa		R. Sardinal	
	Pools	Pools	Riffles	Pools	Riffles	Pools	Riffles
Fam Characidae							
Astyanax aenaeus	ooo; ooo	oooo; xxxx	ooo; xxxx	ooo; xxxx	oo	oo; xx	o
Brycon behreae		ooo; xxxx	ooo; xxx	; xx	; xxx	o; xxx	; xxx
Hyphessobrycon panamensis	oo; o					o; x	
Hyphessobrycon savagei		; xxx	; xxx	; xxxx		; xx	
Fam Loricariidae							
Hypostomus panamensis						o; xx	
Rineloricaria uracantha		o; x					
Fam Pimelodidae							
Rhamdia guatemalensis	; o					; xxx	
Pimelodella chagresi	ooo; o	; xx		o; xxx	; x	; xxx	o; xx
Fam Poeciliidae							
Brachyrhaphis rhabdophora				oo	o	o	
Poeciliopsis paucimaculata		o; xxx	; xx	oo; xx	ooo	; xx	o; xx
Poeciliopsis retropinna	ooo; oo	o; xxxx	o; x		oo	o; xxx	o
Fam Cichlidae							
Archocentrus nigrofasciatus						;xx	; xxx
Amphilophus diquis	o; o	oo	o; xxx			o; xxx	o; xx
Amphilophus lyonsi		; xxxx		; xx	; xx		
Cryptoheros sajica	oo; oo	oo; xxx	o; xxx	o; xx	o; xxx	o; xxx	o
Tomocichla sieboldii	; o	o; xxxx	o; xxx	; xx	; x	;xx	o; xx
Fam Mugilidae							
Agonostomus monicola		o; xx	oo; xx				
Fam Gobiidae							
Awaous transandeanus		; xx	ooo; xxxx			o; xx	o
Sicydium salvini		ooo; xxx	; xx	ooo; xxx	oo; xxx	; xxx	o; xxx
Fam Eleotridae							
Gobiomorus maculatus				; xx			
Hemieleotris latifasciata		; xx	; xx	; xx		oo; xx	

Häufigkeiten	**2013**	**2011**
vereinzelt (1-5 Individuen)	o	x
mehrfach (6-15 Individuen)	oo	xx
häufig (16-30 Individuen)	ooo	xxx
sehr häufig (> 30 Individuen)	oooo	xxxx

dass kein passender Köder angewendet wurde beziehungsweise diese Fische Nahrungsspezialisten sind, die man kaum ködern kann. Beispielsweise lebt die Grundelart *Sicydium salvini* auf dem Gewässerboden und schabt Algenbewuchs von Steinen und Gehölz ab. Somit ist genügend Nahrung vorhanden und es ist nicht möglich, diese in einer Reuse anzubieten. Weiters leben Grundeln und Schildfische (z. B. *Gobiesox potamius*) in stark durchströmten und flachen Gewässerabschnitten, in denen das Befestigen einer Reuse kaum möglich ist. Andere Arten kamen in den Gewässern nur in geringen Dichten vor (*Pterobrycon myrnae*, *Hemieleotris latifasciatus*), waren in der Fangzeit gerade nicht aktiv (*Rineloricarica uracantha*) oder waren zu groß für die Reusen (*Agnostomus monticola*).

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Teilnehmern und auch Betreuern der Exkursionen nach Costa Rica in den Jahren 2009, 2011 und 2012. Ohne ihre Beiträge wäre diese Arbeit nicht entstanden.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren veranstaltet die Universität Innsbruck in regelmäßigen Abständen eine interdisziplinäre Exkursion nach Costa Rica mit botanischer, zoologischer, ökologischer und limnologischer Thematik. Neben der Bereisung und dem Studium der Vielfalt tropischer Landschaften und charakteristischen Vegetationszonen, einschließlich der typischen Flora und Fauna, wird im Zuge dieser Exkursionen auch ein limnologisches Projektpraktikum an mehreren Flüssen im

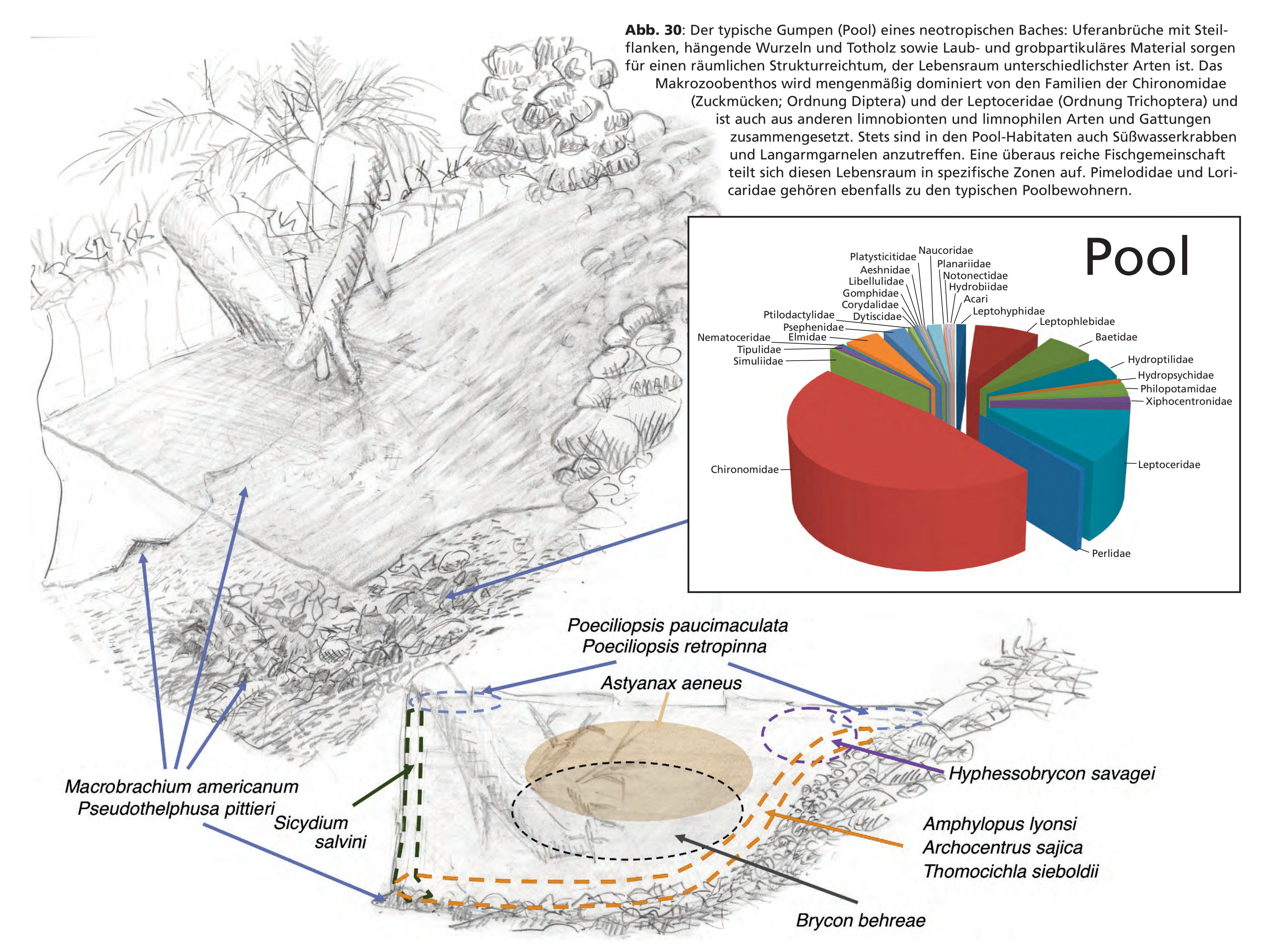


Abb. 30: Der typische Gumpen (Pool) eines neotropischen Baches: Uferanbrüche mit Steilflanken, hängende Wurzeln und Totholz sowie Laub- und grobpartikuläres Material sorgen für einen räumlichen Strukturreichtum, der Lebensraum unterschiedlichster Arten ist. Das Makrozoobenthos wird mengenmäßig dominiert von den Familien der Chironomidae (Zuckmücken; Ordnung Diptera) und der Leptoceridae (Ordnung Trichoptera) und ist auch aus anderen limnobionten und limnophilen Arten und Gattungen zusammengesetzt. Stets sind in den Pool-Habitaten auch Süßwasserkrabben und Langarmgarnelen anzutreffen. Eine überaus reiche Fischgemeinschaft teilt sich diesen Lebensraum in spezifische Zonen auf. Pimelodidae und Loricaridae gehören ebenfalls zu den typischen Poolbewohnern.

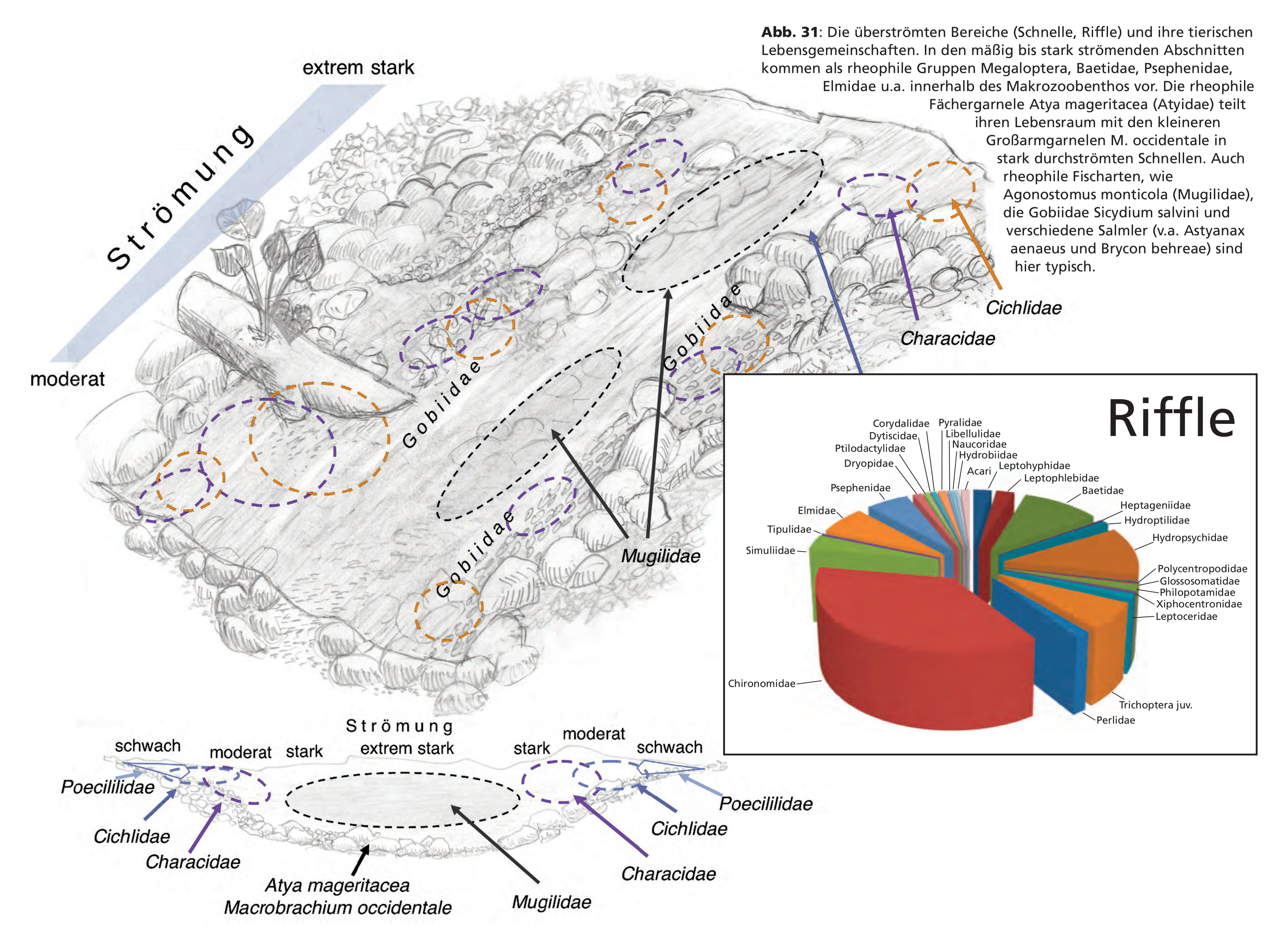


Abb. 31: Die überströmten Bereiche (Schnelle, Riffle) und ihre tierischen Lebensgemeinschaften. In den mäßig bis stark strömenden Abschnitten kommen als rheophile Gruppen Megaloptera, Baetidae, Psephenidae, Elmidae u.a. innerhalb des Makrozoobenthos vor. Die rheophile Fächergarnele Atya mageritacea (Atyidae) teilt ihren Lebensraum mit den kleineren Großarmgarnelen M. occidentale in stark durchströmten Schnellen. Auch rheophile Fischarten, wie Agonostomus monticola (Mugilidae), die Gobiidae Sicydium salvini und verschiedene Salmler (v.a. Astyanax aenaeus und Brycon behreae) sind hier typisch.

„Regenwald der Österreicher", im Nationalpark Piedras Blancas im Südwesten Costa Ricas durchgeführt. Ausgewählte Bäche und Flüsse werden dabei hydromorphologisch charakterisiert, wesentliche abiotische Parameter gemessen, und biologische Proben für die Erforschung der aquatischen Biodiversität genommen. Die ökologischen und faunistischen Aufnahmen an den Fließgewässern hatten das Ziel, einen Überblick über die Habitateigenschaften und die strukturelle und funktionelle Diversität der Fließgewässer im Regenwald der Österreicher zu erarbeiten. Das Ergebnis ist eine faszinierende Arten- und Formenvielfalt, die wir in diesem Beitrag am Makrozoobenthos, an den Süßwasserkrebsen und an den Fischen in einigen Besonderheiten vorstellen. Abschließend stellen wir zwei Modelle der strukturellen und funktionellen Organisation unterschiedlicher, aquatischer Gemeinschaften vor.

Literatur

BOSCHI E.E. (2000): Biodiversity of Marine Decapod Brachyurans of the Americas. — Journal of Crustacean Biology **20** (2): 337-342.

BURNS A. & K.F. WALKER (2000): Biofilms as food for decapods (Atyidae, Palaemonidae) in the River Murray, South Australia. — Hydrobiologia **437** (1-3): 83-90.

BUSSING W.A. (1994): Ecological aspects of the fish community: 195-198. — In: MCDADE L.H. (ed.), La Selva: Ecology and natural history of a Neotropical rainforest. Univ. Chicago Press.

BUSSING W.A. (1998): Freshwater Fishes of Costa Rica. International — Journal of tropical biology and conservation **46** (Suppl. 2).

BUSSING, W.A. (2002): Peces de las aquas continentales de Costa Rica. Freshwater Fishes of Costa Rica. — Editorial de la Universidad de Costa Rica. 504pp.

CHACE F.A. (1983): The Atya-like Shrimps of the Indo-Pacific Region (Decapoda: Atyidae). — Smithsonian Contributions to zoology **384**: 54.

COLLINS P.A. & J.C. PAGGI (1998): Feeding ecology of *Macrobrachium borelli* (NOBILI) (Decapoda: Palaemonidae) in the flood valley of the River Paran´a, Argentina. — Hydrobiologia **362**: 21-30.

DUFF J.H., PRINGLE C.M. & F.J. TRISKA (1996): Nitrate Reduction in Sediments of Lowland Tropical Streams Draining Swamp Forest in Costa Rica: An Ecosystem Perspective. — Biogeochemistry **33** (3): 179-196.

FENOGLIO S., BO T. & M. CUCCO (2004): Small scale macroinvertebrate distribution in a riffle of a neotropical rainforest stream (Rio Bartola, Nicaragua). — Caribbean Journal of Science **40**: 253-257.

FISHBASE. A global information system on fishes. — http://www.fishbase.org/home.htm.

FÜREDER L. (1994): Drift patterns in Costa Rica streams. — Ph.D. Thesis, Leopold-Franzens-University Innsbruck, Austria.

HENDRICKX M.E. (1995): Checklist of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the eastern tropical Pacific. — Bulletin de LÌnstitut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie **65**: 125-150.

HOBBS H.H. & C.W. HART (1982): The Shrimp Genus *Atya* (Decapoda: Atyidae). — Smithsonian Contributions to Zoology **364**: 152.

HOBBS H.H. (1994): Biogeography of subterranean decapods in North and Central America and the Caribbean region (Caridea, Astacidea, Brachyura). — Hydrobiologia **287**: 95-104.

HULBERT S.H. & A.V. VILLALABOS-FIGUEROA (1982): Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies. — San Diego, 529pp.

JACKSON K.J. & W.B. SWEENEY (1995): Egg and larval development times for 35 species of tropical stream insects from Costa Rica. — J. N. Am. Benthol. Society **14**: 115-130.

KILHAM S.S. & C.M. PRINGLE (2000): Food webs in two neotropical stream systems as revealed by stable isotope ratios. — Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie **27**: 1768-1775.

KARGE A. & W. KLOTZ (2008): Süßwassergarnelen aus aller Welt. Dähne Verlag. 2. Auflage, 216pp.

MANTEL S.K., SALAS M. & D. DUDGEON (2004): Foodweb structure in a tropical Asian forest stream. — The North American Benthological Society **23** (4): 728-755.

MARCH J.G. & C.M. PRINGLE (2003): Food web structure and basal resource utilization along a tropical island stream continuum, Puerto Rico. — Biotropica **35**: 84-93.

MILLER R.R. (1966): Geographical distribution of Central American freshwater fishes. — Copeia (1966): 773-802.

NWOSU F.M., HOLZLÖHNER S. & U.I. ENIN (2007): The exploited population of the brackish river prawn (Macrobrachium macrobrachion Herklots 1851) in the Cross River estuary, Nigeria. — Scientia Marina **71** (1): 115-121.

PICHLER C. & F. SCHIEMER (2008): Ecology of Fishes of Quebrada Negra, a first order neotropical lowland stream. — Stapfia **88**: 495-505.

PRINGLE C.M., BLAKE G.A., COVICH A.P., BUZBY K.M. & A. FINLEY (1993): Effects of omnivorous shrimp in a montane tropical stream: Sediment removal, disturbance of sessile invertebrates and enhancement of understory algal biomass. — Oecologia **93**: 1-11.

PRINGLE C.M. (1996): Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence the spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. — Freshwater Biology **35** (1): 125-140 (16).

PRINGLE C.M. & A. RAMIREZ (1998): Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. — Freshwater Biology **39**: 359-373.

SCHIEMER F., HUBER W. & A. WEISSENHOFER (2010): Stream Ecosystems of Costa Rica. — Verein zur Förderung der Tropenstation La Gamba, Vienna, Austria: 1-124.

SHORT J.W. (2004): A revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). — Hydrobiologia **525**: 1-100.

SMALLEY A.E. (1963): The genus *Potimirim* in Central America. — Rev. Biol. Trop. **11**: 177-183.

SMALLEY A.E. (1964): The River Crabs of Costa Rica, and the Subfamilies of the Pseudothelphusidae. — Tulane Studies of Zoology **12**: 5-13.

TSCHELAUT J., PICHLER C., WEISSENHOFER A. & F. SCHIEMER (2007): The river network of the Piedras Blancas National Park, Costa Rica. Stapfia **88**: 257-466.

TSCHELAUT J., WEISSENHOFER A. & F. SCHIEMER (2008): Macroinvertebrates and leaf litter decomposition in a neotropical lowland stream, Quebrada Negra, Costa Rica. — Stapfia **88**: 457-466.

VALENCIA D.M. & M.R. CAMPOS (2007): Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* BATE, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. — Zootaxa **1456**: 1-44.

VALLES-JIMENEZ R., CRUZ P. & R. PEREZ-ENRIQUEZ (2005): Population Genetic Structure of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from Mexico to Panama: Microsatellite DNA Variation. — Mar. Biotechnol. **6**: 475-484.

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R. & E. GUSHING (1980): The river continuum concept. — Canadian Journal of Fisher and Aquatic Science **37**: 130-137.

VARGAS R. & J. CORTES (1999a): Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea: Decapoda (Penaeoidea, Sergestoidea, Caridea, Astacidea, Thalassinidea, Palinura) del Pacífico. — Rev. Biol. Trop. **47** (4): 887-911.

VARGAS R. & J. CORTES (1999b): Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea: Decapoda (Penaeoidea, Sergestoidea, Stenopodidea, Caridea, Thalassinidea, Palinura) del Caribe. — Rev. Biol. Trop. **47** (4): 877-885.

WEBER A., HUBER W., WEISSENHOFER A., ZAMORA N. & G. ZIMMERMANN (2001): An introductory Field Guide to the Flowering Plants of the Golfo Dulce Rainforests – Corcovado Nationalpark and Piedras Blancas Nationalpark („Regenwald der Österreicher“). — Stapfia **78**: 465 pp and plates.

WEHRTMANN I.S. & S.E. SÁENZ (2007): Crustacean fauna (Stomatopoda: Decapoda) associated with the deepwater fishery of *Heterocarpus vicarius* (Decapoda: Pandalidae) along the Pacific coast of Costa Rica. — Rev. Biol. Trop. **55** (Suppl. 1): 121-130.

WEISSENHOFER A., HUBER W., KOUKAL T., IMMITZER M., SCHEMBERA E., SONTAG S., ZAMORA N. & A. WEBER (2008): Ecosystem diversity in the Piedras Blancas National Park and adjacent areas (Costa Rica), with a first vegetation map of the area. — In: WEISSENHOFER et al. (2008): Natural and Cultural History of the Golfo Dulce region, Costa Rica. Stapfia **88**: 65-96.

WESTHEIDE W. & R. RIEGER (2004): Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere. — Spektrum, 919pp.

ZIMMERMANN T.L. & J.W. MARTIN (1999): Brachyuran Crabs of Cocos Island (Isla del Coco), Costa Rica: Leucosiidae, Calappidae, and Parthenopidae, with Descriptions of Two New Species. — Journal of Crustacean Biology **19** (3): 643-668.

Anschriften der Verfasser:

Leopold FÜREDER
Institut für Ökologie
Universität Innsbruck
Technikerstr. 25
6020 Innsbruck, Austria
E-Mail: Leopold.Fuereder@uibk.ac.at

Bernd PELSTER
Institut für Zoologie
Universität Innsbruck
Technikerstr. 25
6020 Innsbruck, Austria
E-Mail: bernd.pelster@uibk.ac.at

Anton WEISSENHOFER
Department für Botanik und Biodiversitätsforschung
Abteilung für Tropenökologie und Biodiversität der Tiere
Universität Wien
Rennweg 14
1030 Wien, Austria
E-Mail: anton.weissenhofer@univie.ac.at